



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**DIFICULDADE DE PERCEÇÃO DA COR PELOS MÉDICOS
DENTISTAS**

Trabalho submetido por
Erica Camacho dos Santos Ferreira
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Setembro de 2020



INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

**DIFICULDADE DE PERCEÇÃO DA COR PELOS MÉDICOS
DENTISTAS**

Trabalho submetido por
Erica Camacho dos Santos Ferreira
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Doutor Francisco Martins

Setembro de 2020

Agradecimentos

Escrevo nesta página um agradecimento a todos os que estiveram presentes no meu percurso da faculdade, foram 5 anos muito especiais e únicos.

Ao meu orientador Prof. Doutor Francisco Martins, por todo o apoio, ajuda preciosa e também pela disponibilidade que demonstrou durante toda a realização deste trabalho, por transmitir acima de tudo tranquilidade, motivação e boa disposição.

Quero agradecer à Cooperativa Egas Moniz por proporcionar uma formação completa e disciplinada aos seus alunos.

A toda a minha família, em especial aos meus pais e à minha querida avó, em quem tenho muita admiração e orgulho. Agradecer aos meus pais que me transmitiram educação, conhecimentos, responsabilidades e valores. Queria agradecer por todo o esforço e sacrifício que fizeram para me formarem no Instituto Universitário Egas Moniz, por todo o apoio e motivação, sem vocês nada disto era possível. Muito obrigado.

A todos os meus colegas que fizeram este percurso comigo, que tive a oportunidade de conhecer e que levo para a vida. Em especial à minha parceira de box Raquel Morgado que teve um papel muito importante nesta caminhada. Obrigado a todos por fazerem destes 5 anos o meu percurso académico espetacular.

Ao André Gomes, pelo constante apoio, motivação e força que deu para continuar sempre a trabalhar, tanto nos bons como nos maus momentos. Foi também um dos pilares fundamentais para o sucesso nesta caminhada.

Muito Obrigada!

Resumo

A presente monografia constitui um trabalho de revisão bibliográfica, através da pesquisa eletrónica nas bases de dados Scielo, PubMed, com os termos: “Medicina Dentária”, “Cor”, “Olho humano”, “Escalas de Cor”, “Espectrofotómetro”, “Translucidez”, “Fluorescência”, “Opalescência” e a partir de diversos livros de referência. Tem como objetivo avaliar as dificuldades de perceção da cor pelos médicos dentistas. As palavras-chave utilizadas foram: cor, olho humano, escalas de cor, espectrofotómetro.

Este trabalho tem uma abordagem focada em dois temas principais, as condicionantes de perceção da cor (ambiente, objeto e observador) e os principais métodos de identificação da cor (visuais e instrumentais). Inicialmente foi feita uma breve introdução ao tema, realçando a importância do domínio dos conceitos de cor por parte dos médicos dentistas e como esta influência a qualidade de vida dos pacientes, uma vez que a profissão oferece a oportunidade de restaurar ou substituir por diversas alternativas as características únicas dos pacientes.

Em todo o mundo, médicos dentistas durante a sua prática clínica diária são confrontados perante o desafio de compatibilizar restaurações artificiais com dentes naturais, onde a seleção da cor constitui um dos primeiros passos do protocolo clínico restaurador e é fundamental para o sucesso estético do tratamento.

Palavras-chave: Cor, olho humano, escalas de cor, espectrofotómetro.

Abstract

This monograph is a bibliographic review work, through the electronic search in the Scielo, PubMed databases, with the terms: "Dental Medicine", "Color", "Human Eye", "Color Scales", "Spectrophotometer", "Translucency", "Fluorescence", "Opalescence" and from several reference books. It aims to evaluate the difficulties of color perception by dentists. The keywords used were color, human eye, color scales, spectrophotometer.

This work has an approach focused on two main themes, the constraints of color perception (environment, object and observer) and the main methods of color identification (visual and instrumental). Initially a brief introduction to the theme was made, highlighting the importance of the mastery of color concepts by dentists and how this influence the quality of life of patients, since the profession offers the opportunity to restore or replace by various alternatives the unique characteristics of patients.

Throughout the world, dentists during their daily clinical practice are confronted with the challenge of making artificial restorations compatible with natural teeth, where color selection is one of the first steps in the restorative clinical protocol and is fundamental to the aesthetic success of the treatment.

Keyword: Color, human eye, shade guides, spectrophotometer.

Índice Geral

I.	INTRODUÇÃO	9
II.	DESENVOLVIMENTO.....	13
1.	Cor	13
2.	Propriedades Óticas	16
2.1.	Propriedades Óticas Primárias	16
2.1.1.	Matiz.....	16
2.1.2.	Valor	17
2.1.3.	Croma	18
2.2.	Propriedades Óticas Secundárias	20
2.2.1.	Translucidez.....	20
2.2.2.	Opalescência.....	21
2.2.3.	Fluorescência	22
2.2.4.	Brilho e Textura.....	23
3.	Condicionantes na percepção da cor.....	24
3.1.	Ambiente	25
3.2.	Objeto	27
3.3.	Observador	30
4.	Metodologias de determinação da cor dentária	34
4.1.	Visuais.....	35
4.1.1.	VITA Classical	36
4.1.2.	VITA 3D-Master	38
4.2.	Instrumentais	41
4.2.1.	Espectrofotômetros	43
4.2.1.1.	VITA Easyshade Compact.....	45
4.2.1.2.	Spectroshade Micro	46
4.2.1.3.	Crystaleye	47
4.2.2.	Colorímetros	49
4.2.2.1.	ShadeVision	50
4.2.3.	Técnicas de Imagem Digital	50
III.	CONCLUSÃO.....	53
IV.	BIBLIOGRAFIA	55

Índice de Figuras

Figura 1- Imagem ilustrada representativa do espectro eletromagnético em cima e parte dele, chamado espectro visível, em baixo (adaptado de Tilley, 2011).....	13
Figura 2 – Imagem ilustrada representativa do esquema tridimensional de cores segundo a CIE (adaptado de Hilton et al., 2013).....	14
Figura 3 - Imagem ilustrada representativa da matiz, a qual retrata simplesmente a cor, ou seja, vermelho, amarelo, azul, etc. (adaptado de Gürel, 2003).....	16
Figura 4 - Imagem ilustrada representativa do valor o qual retrata a luminosidade (maior valor) ou a escuridão (menor valor) (adaptado de Gürel, 2003).....	17
Figura 5 - Imagem ilustrada representativa do croma o qual retrata a saturação da cor (adaptado de Gürel, 2003).	19
Figura 6 - Imagem ilustrada representativa da translucidez a qual retrata dimensão tridimensional do valor (adaptado de Gürel, 2003).....	20
Figura 7 - Imagem do efeito de opalescência nos dentes naturais (adaptado de Salgado, Cavalcante, & Schneider, 2013).....	21
Figura 8 - Lâmpadas “headheld” da esquerda para a direita: Optilume Trueshade (Optident); Shade Wand (Authentic Dental Lab); Rite-lite (AdDent) e Demetron Shade Light (Kerr) (adaptado de Hilton, 2013).	27
Figura 9 - Imagem representativa das deficiências de visualização de cor, devido à ausência de fotorreceptores; a) Cortesia de Adam J. Mieleszko, CDT, New York, New York; b), c) e d) Simulações a computador de Vischeck (adaptado de Hilton, 2013). ..	32
Figura 10 - Imagem representativa da posição da escala de cores, relativamente aos dentes a) Na presença de dentes adjacentes; b) Na ausência de dente adjacente (adaptado de Hilton, 2013).....	34
Figura 11 - Imagem ilustrada representativa de cores com diferentes matizes e valores (adaptado de Hirata, 2017).	36
Figura 12 - Imagem da escala de cores VITA Classical, organizada segundo a matiz, de A a D. Da esquerda para a direita: A1, A2, A3, A3.5, A4, B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4, D1, D2, D3, D4 (adaptado de Hilton, 2013).....	37
Figura 13 - Imagem da escala de cores VITA Classical, organizada segundo o valor, de B1 a C4. Da esquerda para a direita: B1, A1, B2, D2, A2, C1, C2, D4, A3, D3, B3, A3.5, B4, C3, A4, C4 (adaptado de Hilton, 2013).	37
Figura 14 - Imagem da escala de cores VITA Toothguide 3D-Master: a divisão segundo o valor de 0 a 5, do mais claro para o mais escuro (adaptado de Hilton, 2013).	39

Figura 15 - Imagem da escala de cores VITA Toothguide 3D-Master: a divisão horizontal da matiz (L, M e R), presentes apenas nos grupos 2, 3 e 4 (adaptado de Hilton, 2013).....	39
Figura 16 - Imagem da escala de cores VITA Toothguide 3D-Master: a divisão vertical do croma de 1 a 3, do menos cromático para o mais cromático (adaptado de Hilton, 2013).....	39
Figura 17 - Imagem da escala de cores VITA Linearguide 3D-Master: a) Passo 1 – seleção do valor; b) Passo 2 – Seleção do croma e da matiz dentro do valor selecionado (adaptado de Hilton, 2013).	40
Figura 18 - Imagem da escala de cores VITA Bleachedguide 3D-Master de 29 passos (adaptado de Hilton, 2013).	41
Figura 19 - Aplicação clínica do espectrofotômetro EasyShade Compact a) Calibração do instrumento; b) Medição da cor; c) Valores métricos da diferença de cor em relação à escala VITA classical; d) Valores da escala de cor em relação à escala VITA 3D-Master (adaptado de Chu, Trushkowsky, & Paravina, 2010).....	46
Figura 20 - Aplicação clínica do espectrofotômetro Spectroshade Micro a) Dente 12 congenitamente ausente a ser substituído por um implante; b) O Spectroshade Micro cria um mapa de cores que pode ser convertido em várias escalas de cor, na imagem é convertido no guia VITA classical. Fornece uma cor para cada zona do dente (cervical, média e oclusal); c) Verificação das cores na peça final; d) Resultado final com um implante e coroa com um excelente resultado estético e funcional (adaptado de Chu, Trushkowsky, & Paravina, 2010).	47
Figura 21 - Espectrofotômetro Crystaleye (Olympus, Tokyo, Japan) (adaptado de Odaira, Itoh, & Ishibashi, 2011).	48

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Tabela com os instrumentos de identificação de cor disponíveis comercialmente (adaptado de Vichi, et al., 2011).	43
--	----

Lista de Abreviaturas

° - Graus

μm – Micrómetro

a* - Eixo horizontal correspondente ao croma no sistema da CIE

b* - Eixo horizontal correspondente à matiz no sistema da CIE

C - Celsius

CIE – Commission Internationale de l'Éclairage

CIELAB – Espaço tridimensional da cor segundo a Comissão Internacional de l'Éclairage

cm - Centímetros

CRI - Índice de reprodução de cores

h* - Representa a matiz na projeção cilíndrica da escala de cores CIE

JPEG – Formato de imagem digital comprimido (Joint Photographic Experts Group)

K – Kelvin

L* - Eixo vertical correspondente ao valor no sistema da CIE

LCD – Monitor de cristal líquido

LED - light emitting diode

lx – lux

nm – Nanómetro

RGB – Sistema de cores aditivas, o vermelho (Red), verde (Green) e azul (Blue)

SGU - Unidades de guias de cor

Δ – Delta ou Diferença

ΔE*_{ab} - Diferença total de cor entre duas amostras coloridas segundo o espaço de cor CIELAB

I. INTRODUÇÃO

A cor é considerada uma língua, e com isto, aprender e compreender a cor requer saber a sua linguagem, a qual é muito falada, mas frequentemente mal comunicada. Para superar eficazmente os desafios que a seleção da cor em medicina dentária estética restauradora nos impõe, é primordial aprender a arte e a ciência da cor, a qual se revela difícil, uma vez que a cor é algo abstrato com componentes científicos e visuais. Esta complexidade deve-se às características do olho humano e à sua incapacidade de interpretar a cor de forma concisa, clara e consistente (Gurel, 2003).

Em 1973, Sproull declarou que interpretar a cor não é algo fácil e simples que possa ser aprendido sem estudar, nem é algo difícil e complexo que vá para além do entendimento dos médicos dentistas. A formação e educação na disciplina da cor é importante e pode influenciar os resultados estéticos finais (Hilton et al., 2013).

Atualmente na medicina dentária estética tem existido um aumento significativo do interesse pela área de seleção da cor (Chu et al., 2010), de modo a corresponder às exigências estéticas dos pacientes, derivadas do avanço da tecnologia e da comunicação (Mendonça & Eiró, 2017).

O paciente não só exige uma boca saudável com também um sorriso perfeito (Joiner, 2004; Reyes et al., 2019). Desta forma, o objetivo de uma restauração estética passa por conseguir não só uma beleza visual como também morfológica e biológica, simulando os dentes naturais (Anand et al., 2016; Bayindir et al., 2007; Mehl et al., 2017; Odaira et al., 2011).

A mudança ou perda de dentes pode provocar alterações emocionais traumáticas, desencadeadas pela consciência da perda de harmonia estética, daí a importância dos tratamentos reabilitadores estéticos, uma vez que possibilitam a criação de um ambiente mais favorável ao indivíduo, no seu universo de relações interpessoais. Desta forma, as próteses dentárias, que têm como objetivo a substituição de um ou mais dentes perdidos, atualmente desempenham um papel fundamental na estética, principalmente na região anterior. Por conseguinte torna-se fundamental a escolha da cor correta para a prótese, especialmente em próteses parciais, que requerem conformidade com os dentes adjacentes (Reyes et al., 2019).

No entanto, a conformidade de cores é uma das tarefas mais desafiantes para os médicos dentistas, sendo também uma das mais importantes para o sucesso do tratamento estético (Fondriest, 2017; Moodley et al., 2015; Ramanna, 2018; Reyes et al., 2019).

A cor de um dente define-se pelos caminhos percorridos pela luz ao longo do dente e a absorção de luz durante esse percurso. Estes caminhos são estabelecidos pela dispersão da luz que juntamente com o brilho e a opacidade vão influenciar a aparência da cor do dente. Quando a luz entra em contato com o dente, ocorre uma interação que pode ser descrita por quatro manifestações: Absorção e dispersão dentro do dente; transmissão especular; reflexão especular na superfície ou reflexão difusa na superfície. A cor do dente é determinada pelo seu corpo, e o esmalte age como um modificador da cor, sendo a sua espessura determinante para a cor do dente (Lee, 2016).

Para se conseguirem resultados que satisfaçam tanto o médico dentista como as expectativas do paciente é necessário que se cumpram alguns pré-requisitos. O médico dentista deve selecionar corretamente a cor adequada a cada paciente, dominando a ciência e a arte do planeamento da cor; deve posteriormente comunicar o seu plano de cores corretamente ao técnico de laboratório; e este deve interpretar a informação de forma correta (Gurel, 2003; Salgado et al., 2013).

Na prática clínica, a estreita colaboração entre o médico dentista e o técnico de laboratório é muito importante. A capacidade de analisar e comunicar devidamente a informação ao laboratório pode ser melhorada pela aprendizagem das características da luz e linguagem da cor. Tomemos como exemplo a colocação de uma coroa, o médico dentista precisa de selecionar com precisão a cor dos dentes adjacentes para comunicar a um técnico de laboratório e juntos executarem uma coroa com uma cor aceitável e em conformidade com a dentição existente (Fondriest, 2017; Joiner & Luo, 2017). Conseguir um ajuste perfeito com os dentes naturais circundantes torna-se assim um desafio crucial para os médicos dentistas e para os pacientes (Gómez-Polo et al., 2014).

Podem surgir desafios extra se o médico dentista possuir um conhecimento insuficiente dos materiais dentários e das suas propriedades, ou se o técnico de laboratório de prótese não possuir experiência em trabalhar pessoalmente com os pacientes (Gurel, 2003).

O conceito contemporâneo de medicina dentária estética restauradora fundamenta-se na correta aplicação dos materiais a fim de reproduzirem as características óticas e anatómicas dos dentes naturais (Hirata, 2017).

As diferenças e variações das propriedades óticas dos materiais restauradores fez com que, o método de seleção da cor se tornasse mais complexo, compreendendo cinco critérios a fim de obtermos um resultado estético esperável: Análise; Comunicação; Interpretação; Fabricação e Verificação (Gurel, 2003).

Os inovadores materiais de restauração permitiram ao médico dentista aumentar a translucidez e vitalidade das restaurações (Gurel, 2003).

Segundo Knezović Zlatarić et al (2016), o parâmetro mais importante que determina a satisfação do paciente com o tratamento e a sua aparência é a cor do dente.

De acordo com Joiner et al (2017), estudos demonstraram que 50% de pessoas numa população da Arábia Saudita; 28% (Al-Zarea BK. Satisfaction with appearance and the desired treatment to improve aesthetics. International Journal of Dentistry 2013; Article ID 912368) numa população no Reino Unido (Qualtrough AJE, Burke FJT. A look at dental esthetics. Quintessence International 1994;25:7-14) e 20,4% numa população Espanhola (Montero J, Gomez-Polo C, Santos JA, Portillo M, Lorenzo MC, Albaladejo A. Contributions of dental colour to the physical attractiveness stereotype. Journal of Oral Rehabilitation 2014;41:768-82) estão insatisfeitos com a cor dos seus dentes. Num estudo com adolescentes de 13 anos, 18% estava insatisfeito com a cor dentária.

Na medicina dentária estética, a cor pode não ser essencial para o sucesso funcional de uma restauração, no entanto constitui um fator muito importante no consentimento geral por parte do paciente (Hilton et al., 2013). O sorriso é uma das mais importantes capacidades de comunicação interativa de uma pessoa (Joiner, 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar as dificuldades de perceção da cor pelos médicos dentistas, recorrendo a uma pesquisa nas plataformas Scielo e PubMed com os seguintes termos: Cor, olho humano, escalas de cor, espectrofotómetro.

II. DESENVOLVIMENTO

1. Cor

A cor é definida como a aparência subjetiva da luz visível, detetada pelo olho humano (Tilley, 2011), sendo considerada uma sensação e não algo físico (Joiner & Luo, 2017).

O espectro de luz “visível”, luz que é visível pelo olho humano, varia de pessoa para pessoa e encontra-se entre os 380 e os 780 nm (Figura 1) (Tilley, 2011). As restantes ondas do espectro não são visíveis pelo olho humano, por esta razão denomina-se como “espectro invisível” e são elas as ondas de rádio, micro-ondas, infravermelhos (IF) e ultravioletas (UV), raios X e raios gama. Desta forma, o espectro eletromagnético (Figura 1) é composto pelo espectro invisível e visível (Salgado et al., 2013; Shammass & Alla, 2012).

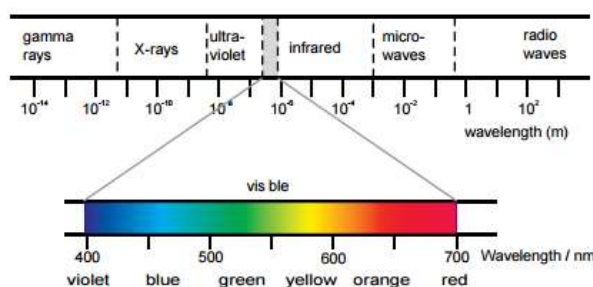


Figura 1- Imagem ilustrada representativa do espectro eletromagnético em cima e parte dele, chamado espectro visível, em baixo (adaptado de Tilley, 2011).

A onda de luz pode sofrer vários fenómenos: reflexão, transmissão, absorção, dispersão ou refração ou uma combinação destes. Se num objeto toda a luz for refletida, o objeto vai ter cor branca, no entanto, se toda a luz for absorvida o objeto já vai ser preto e em ambos o objeto vai parecer opaco. Se toda a luz for transmitida através do objeto, este vai parecer transparente. Ou seja, os comprimentos de onda de luz que sofrem reflexão integram a cor percecionada. Tomemos como exemplo, um objeto amarelo, este absorve todos os comprimentos de ondas de luz que incidem nele com exceção do amarelo, que vai ser refletido e é isso que vemos (Fondriest, 2017; Salgado et al., 2013; Shammass & Alla, 2012; Sheng & Khoo, 2015).

Desta forma, os dentes não têm uma cor própria, ou seja, refletem apenas um determinado comprimento de onda do espectro visível de cores (Shammas & Alla, 2012).

No total existem sete cores primárias (vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, índigo e violeta), no entanto, na mistura destas sete resultam muitas cores secundárias (gradações artificiais), o que faz com que seja difícil e complexo caracterizá-las (Fondriest, 2017; Hirata, 2017; Tilley, 2011).

Em 1976 a CIE “*Commission Internationale de l’Éclairage*” padronizou a cor como sendo um espaço tridimensional (CIELAB) envolvendo os eixos L^* (eixo vertical), a^* e b^* (eixos horizontais). O L^* corresponde à luminosidade (valor) de um objeto e varia entre 0 (preto) e 100 (branco - difusor refletor perfeito). a^* e b^* correspondem ao croma (saturação) e tonalidade (cor), aproximando-se do 0 para branco e cinza (cores acromáticas) e aumentando a magnitude para valores mais intensos, sendo o a^* correspondente dos componentes vermelho (eixo positivo) e verde (eixo negativo) e o b^* correspondente dos componentes amarelo (eixo positivo) e azul (eixo negativo) (Figura 2) (Alsheikh, 2019; Anand et al., 2016; Corcodel et al., 2010; Pustina-Krasniqi et al., 2017; Tilley, 2011).

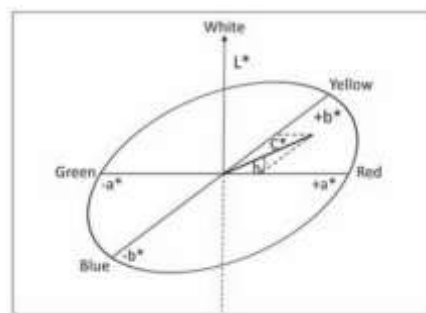


Figura 2 – Imagem ilustrada representativa do esquema tridimensional de cores segundo a CIE (adaptado de Hilton et al., 2013).

Este sistema (CIELAB) foi desenvolvido com o objetivo de criar um espaço de cor mais uniforme que pode ser correlacionado com a aparência visual das cores (Mehl et al., 2017; Sheng & Khoo, 2015).

A cor pode ser expressa também por $L^*C^*h^*$, uma projeção cilíndrica de $L^*a^*b^*$ onde o L^* permanece igual, C^* representa o croma (em graus) e h^* representa a matiz.

Os matizes são posicionados no exterior do círculo fechado de matizes e podem ir dos 0° aos 360° (Figura 2). Enquanto o croma está relacionado, dentro da mesma cor, às diferenças de intensidade, a matiz está relacionada com as diferentes cores. Este sistema apresenta uma vantagem, uma vez que é mais fácil de relacioná-lo com o sistema de Munsell nas tradicionais escalas de cor padronizadas utilizadas pelos profissionais de medicina dentária, tornando-o um sistema clinicamente mais significativo e útil (Corcodel et al., 2010; Hilton et al., 2013).

ΔE^*_{ab} corresponde à diferença total de cor entre duas amostras coloridas segundo o espaço de cor CIELAB, onde o símbolo grego Δ (delta) corresponde a diferença e E a “*Empfindung*” que em alemão quer dizer sensação. Esta diferença de cor é calculada empregando as diferenças nas coordenadas $L^*a^*b^*$. A diferença de cor fica mais perceptível para o olho humano, quanto maior for o valor (Hilton et al., 2013; Pecho et al., 2016).

Os valores obtidos pela ΔE permitem a investigação da perceptibilidade, ou seja, da percepção visual da diferença entre duas cores e da aceitabilidade, que corresponde ao grau onde vai ser aceitável pelas pessoas essa diferença de cor. O valor limite para uma diferença de cor ser clinicamente evidente está entre 2 e 4 (María José Naranjo, 2018).

No entanto, desde 1976 que o espaço de cor CIELAB tem sido descrito como não uniforme, pois na sua aplicação prática pode ser necessário a utilização de pesos diferentes para L^* , C^* e h^* . Desta forma, foram desenvolvidas outras fórmulas para a diferença de cor como o CMC, o BFD, o CIE94 e o CIEDE2000 (Pecho et al., 2016).

A CIE recomenda a utilização da fórmula de diferença de cor CIEDE2000. É uma fórmula mais avançada apresentada por $\Delta E''$ que se está a tornar também muito comum na investigação dentária. A sua principal vantagem é a concordância em 95% nos resultados visuais em comparação aos 75% da fórmula CIELAB (Hilton et al., 2013; Paravina et al., 2019).

Existe também um sistema de cor RGB, no qual as cores primárias (vermelho, verde e azul) são utilizadas em diferentes proporções a fim de reproduzir uma ampla gama de cores. Este sistema é utilizado para reproduzir a cor dos dentes naturais através de imagens digitais e dispositivos tais como os colorímetros, câmaras digitais,

monitores de visualização e computadores, sendo um espaço de cor dependente do dispositivo (Sheng & Khoo, 2015).

2. Propriedades Óticas

2.1. Propriedades Óticas Primárias

De acordo com Munsell todas as cores podem ser especificadas com precisão através de três parâmetros, a matiz, o valor e o croma (Ahn & Lee, 2008; Horiguchi & Iwamatsu, 2018; Pustina-Krasniqi et al., 2017; Shamma & Alla, 2012; Tilley, 2011).

Os dentes naturais apresentam, em 80% dos casos, a mesma matiz. Uma vez que o valor é considerado o parâmetro mais importante para os técnicos e clínicos quando da determinação da cor dos dentes, ao selecionar uma cor, recomenda-se que este seja o primeiro a ser determinado, a seguir o croma e por fim a matiz (Ahn & Lee, 2008; Shamma & Alla, 2012).

2.1.1. Matiz

A matiz corresponde à frequência ou ao comprimento de onda da radiação do espectro visível e retrata simplesmente a cor, por exemplo, azul, vermelho, verde, etc. (Figura 3). Ou seja, “cor” é sinônimo de “matiz”, sendo esta última utilizada para caracterizar a cor de uma restauração dentária ou de um dente natural (Fondriest, 2017; Gürel, 2003; Tilley, 2011).



Figura 3 - Imagem ilustrada representativa da matiz, a qual retrata simplesmente a cor, ou seja, vermelho, amarelo, azul, etc. (adaptado de Gürel, 2003).

A empresa “Vita Zahnfabrick” classificou a matiz em quatro tipos básicos, a matiz “A” representa tons castanhos, a “B” representa a junção de tons amarelos e tons castanhos, a “C” representa a junção de tons cinzentos e tons castanhos e a “D” representa a junção de tons vermelhos e tons castanhos, esta classificação é a atualmente usada em todos os sistemas (Hirata, 2017).

Foi comprovado clinicamente que cerca de 80% dos pacientes são matiz A (matiz castanha) e 15% são matiz B (matiz amarela). A matiz D (vermelha) aparece apenas em 3 a 5% dos casos e é difícil de observar devido às particularidades biológicas do olho humano, ou seja, à quantidade de cones que o olho tem para este propósito (Hirata, 2017).

Já a matiz C (matiz cinzenta) como não é uma cor do espectro de luz, não é considerada uma verdadeira matiz, mas sim uma consequência da combinação do branco e preto, sendo vista como uma designação de brilho (Hirata, 2017).

2.1.2. Valor

O valor representa a luminosidade, a leveza ou o brilho da cor, caracterizado pelos fótons que alcançam o olho (Figura 4) (Tilley, 2011). Representa mediante uma escala de variadas gradações de cinza, a quantidade de branco e preto de um objeto (Fondriest, 2017; Hirata, 2017).



Figura 4 - Imagem ilustrada representativa do valor o qual retrata a luminosidade (maior valor) ou a escuridão (menor valor) (adaptado de Gürel, 2003).

Uma vez que o olho humano tem mais bastonetes (percepção do preto e do branco) do que cones (percepção das cores), é mais perceptível para o paciente erros na escolha do valor/luminosidade. São erros bastante óbvios e representam a maioria dos erros

presentes nas restaurações. A melhor maneira de os contornar é pela utilização de resinas com diferentes níveis de opacidade e translucidez (Hirata, 2017).

A translucidez é entendida como a capacidade de um material permitir a passagem de luz através dele, ao passo que na opacidade, o material bloqueia essa passagem. Desta forma, é nos permitido perceber qual a interação entre estes dois fenômenos; quanto menor o valor mais cinzento e translucido será o dente e quanto maior o valor mais branco e opaco será o dente (Hilton et al., 2013; Hirata, 2017).

A maior dificuldade e causa de erro pelo médico dentista ocorre por falta de conhecimento em quais representam resinas opacas e quais são translucidas, pois as resinas focam-se mais no croma e na matiz, algumas sem sequer fazerem referência ao valor na sua embalagem. Atualmente, já é mais comum e até uma condição urgente o fabricante indicar quais as características e o comportamento dinâmico das resinas, pois sem este conhecimento fica muito difícil a correta reprodução do dente natural (Fondriest, 2017; Hirata, 2017).

O valor de um objeto é influenciado também pela sua espessura quando exposto à luz, por exemplo, uma lâmina de vidro transmite quase a totalidade da luz (opacidade), no entanto se juntarmos dez lâminas de vidro já vai haver uma parte da luz que é absorvida (translucidez). O mesmo acontece com as resinas, o valor das mesmas é determinado pela capacidade destas refletirem ou absorverem a luz, agindo como objetos translúcidos ou opacos. Por exemplo, quando aplicamos nas restaurações uma quantidade grande de compósito opaco em dentes anteriores, esta vai tornar-se mais branca com um valor mais alto, o mesmo não acontece quando aplicamos uma quantidade grande de compósito translucido, a restauração torna-se mais cinzenta com um valor mais baixo (Hirata, 2017).

2.1.3. Croma

O croma ou saturação representa a porção de luz branca combinada com a matiz, ou seja, representa a quantidade de pigmento incluído na matiz e determina a intensidade da cor (matiz), permitindo distinguir cores fortes de pálidas ou saturadas de desbotadas, por exemplo, azul claro ou azul escuro (Figura 5). Dentro das restaurações

dentárias e dos dentes naturais ele representa o tom mais laranja ou mais amarelo (Fondriest, 2017; Gürel, 2003; Hilton et al., 2013; Hirata, 2017; Tilley, 2011).



Figura 5 - Imagem ilustrada representativa do croma o qual retrata a saturação da cor (adaptado de Gürel, 2003).

O croma está definido por uma escala gradual de 1 a 7, podendo ir mais longe em algumas escalas, representando diferentes intensidades dentro da mesma matiz. Os valores mais baixos são encontrados frequentemente em dentes de pacientes submetidos a branqueamento dentário ou em dentes de pacientes jovens, já os valores mais altos encontramos em pacientes idosos ou dentes não erupcionados (Hirata, 2017).

A seleção do croma por norma é muito simples, uma vez que, este vai ser feito através do método de comparação, pela sobreposição da escala de cor sobre o dente, na verdade estamos apenas a selecionar o croma (saturação) (Hirata, 2017).

À medida que o croma aumenta, apesar de a tonalidade ser a mesma, esta vai estando mais escura, desta forma o valor também vai sofrer alterações. Ou seja, o valor é inversamente proporcional ao croma, quanto maior o croma, menor o valor (Fondriest, 2017).

O aspeto visual dos dentes naturais varia e é determinado pelo esmalte e pela dentina. O esmalte tem um croma inferior à dentina, apesar de ser mais translúcido (Xiong et al., 2008). Já a dentina tem um croma único, no entanto, aquando da sua restauração em compósito ou em cerâmica, pode ser empregue um croma inferior no terço médio/incisal e um croma superior no terço cervical do dente (Hirata, 2017).

2.2. Propriedades Óticas Secundárias

Os dentes têm propriedade de opalescência, translucidez e fluorescência, estas devem ser todas reproduzidas pelos materiais utilizados nas restaurações estéticas (Lee, 2016).

2.2.1. Translucidez

Na avaliação de cor segundo Munsell, a translucidez não está incluída, no entanto, esta é considerada um dos princípios fundamentais para o resultado estético final satisfatório de uma restauração. Esta representa tridimensionalmente o valor (Figura 6) (Gürel, 2003; Salgado, Cavalcante, & Schneider, 2013).



Figura 6 - Imagem ilustrada representativa da translucidez a qual retrata dimensão tridimensional do valor (adaptado de Gürel, 2003).

Quando dizemos que uma restauração está com um aspeto artificial, deve-se ao excesso de opacidade assim como quando dizemos que uma restauração tem um “aspeto morto”, acinzentado ou escurecido está geralmente associada a uma reprodução inapropriada da translucidez. Desta forma, torna-se muito difícil de padronizar e medir a correta translucidez pois esta é inalcançável e abstrata (Gürel, 2003; Salgado et al., 2013).

A translucidez representa o intermédio entre transparência total e opacidade total, constituindo um fenómeno ótico onde um objeto permite a passagem de luz no seu interior, esta dispersa-se ao longo do mesmo e parte dela é atravessada de um lado ao outro (Salgado et al., 2013), para que não seja possível ver uma imagem definida para além do objeto (Shammas & Alla, 2012).

Pedaços de neve ou de vidro fosco podem ter a mesma matiz, croma e valor, no entanto, apresentar um aspeto diferente. Por norma, numa coroa ao aumentar a

translucidez o seu valor vai baixar, uma vez que, menos luz vai regressar ao olho, pois esta está distribuída dentro do corpo da porcelana (Fondriest, 2017).

O esmalte é mais translucido comparativamente à dentina, o que faz com que a parte de trás da cavidade oral e dentina subjacente influenciem a sua cor final (Sheng & Khoo, 2015).

2.2.2. Opalescência

A opalescência é uma propriedade igualmente importante nos conceitos de cor e luz (Hirata, 2017). O seu efeito é baseado na translucidez dos dentes naturais (Shammas & Alla, 2012).

Esta é responsável pelo aspeto azulado de um material aquando da reflexão da luz e um aspeto castanho alaranjado aquando da transmissão da luz (Fondriest, 2017; Hilton et al., 2013; Lee, 2016).

No esmalte, os comprimentos de onda maiores como as ondas de luz laranja e vermelha, atravessam os seus cristais, ao contrário dos comprimentos de onda menores, como o violeta, verde e azul que são refletidos na superfície. Este filtro do esmalte resulta na opalescência da superfície do mesmo, onde o terço incisal vai ter um tom azul-acinzentado e o terço cervical vai ter um tom laranja (Figura 7) (Hirata, 2017; Salgado et al., 2013).



Figura 7 - Imagem do efeito de opalescência nos dentes naturais (adaptado de Salgado, Cavalcante, & Schneider, 2013).

No bordo incisal dos dentes anteriores também pode ser observada uma linha opaca que varia de dente para dente, chamado de halo incisal. Este ocorre quando o ângulo limite do esmalte, devido à sua inclinação, é menor do que o ângulo de

incidência de luz nessa área e por esta razão, a luz sofre reflexão total (Salgado et al., 2013).

A opalescência é considerada o paradoxo de uma elevada translucidez combinada com uma elevada luminosidade. Isto acontece no esmalte dos dentes naturais, e a cerâmica consegue já atingir propriedades semelhantes, no entanto, ainda não existem compósitos verdadeiramente opalescentes, uma vez que nestes, uma elevada translucidez traduz-se num brilho baixo (Hirata, 2017).

2.2.3. Fluorescência

A fluorescência corresponde à capacidade de um material absorver comprimentos de onda curtos, fora do espectro visível da luz e de emitir de forma espontânea, energia luminosa com comprimentos de onda mais longos, dentro do espectro visível (Hilton et al., 2013; Hirata, 2017).

Este fenómeno ocorre devido à absorção de um fóton pelo fluoróforo, que irá excitar um eletrão a um nível mais elevado de energia. Após um relaxamento ligeiro, derivado das perdas de energia rotacionais e vibracionais do estado excitado, este cai para o seu estado de terra, libertando um fóton com uma energia menor do que a que causou excitação (maior comprimento de onda). A energia rotacional e vibracional são libertadas sob a forma de calor (Hein & Bosch, 2018).

Por norma, a fluorescência não é detetada sob as fontes de iluminação presentes no consultório, como as luzes normais, mas sim sob uma luz ultravioleta como a “luz negra” ou pela luz solar (Hilton et al., 2013; Hirata, 2017).

Existem cerca de 3 exemplos de fluorescência dentária, a fluorescência amarela/laranja que é excitada pelos comprimentos de onda azul e verde e pode ser utilizada no diagnóstico de cáries; a fluorescência azul, que é excitada na região quase UV (ultravioleta) e é significativa na aparência ótica dos dentes, uma vez que é claramente visível numa iluminação rica em radiação UV, sendo importante por exemplo para a população que frequenta ambientes como espetáculos de entretenimento e discotecas; e a fluorescência distante do vermelho e próxima do infravermelho (Hein & Bosch, 2018).

A dentina e o esmalte são ambos fluorescentes, pois emitem luz visível quando expostos a luz ultravioleta, no entanto, é 3 vezes mais acentuado na dentina, pois esta possui um maior número de pigmentos orgânicos que são fotossensíveis à radiação ultravioleta. Por esta razão, quando os dentes são expostos a uma luz ultravioleta, parecem mais limpos, brancos e fluorescentes dando a ideia de uma maior vitalidade (Fondriest, 2017; Hirata, 2017; Salgado et al., 2013).

Estes efeitos visuais de fluorescência podem variar desde o azul claro ao branco intenso, conforme a intensidade da luz ultravioleta (UV), é por esta razão que ao longo do dia, o brilho dos dentes pode variar (Hirata, 2017).

Para um ótimo resultado estético, é importante que os compósitos e as cerâmicas utilizadas em coroas ou facetas, principalmente em dentes anteriores, tenham na sua composição agentes fluorescentes, pois sem eles, os compósitos e as cerâmicas vão parecer muito baços e pouco realistas (Fondriest, 2017; Hein & Bosch, 2018; Hilton et al., 2013). Os agentes fluorescentes são do grupo dos lantanoides como o térbio, eupório, cério e itérbio (Hirata, 2017).

Foram precisos vários anos até que estes agentes fluorescentes fizessem parte da composição dos compósitos. Antes, aquando da exposição à luz ultravioleta ou solar eram visíveis as deficiências das restaurações em relação aos dentes naturais adjacentes (Hirata, 2017).

2.2.4. Brilho e Textura

A aparência e cor do dente ou de restaurações a compósito são também influenciadas pelo seu brilho e textura (Fondriest, 2017; Salgado et al., 2013; Sheng & Khoo, 2015).

O brilho é influenciado diretamente pela rugosidade da superfície onde reflete a luz e origina-se pela distribuição geométrica desta luz refletida. Desta forma, a textura da superfície das restaurações a compósito, influenciam o sucesso clínico, uma vez que, uma superfície perfeitamente polida aumenta a estética e a longevidade, ao reduzir a pigmentação e o acúmulo de placa. Por outro lado, uma superfície rugosa é propícia ao

acúmulo de pigmentos e placa o que vai originar uma diferença de cor mais perceptível (Salgado et al., 2013).

O brilho não só é influenciado pela rugosidade de superfície mas também pelas partículas de carga dos compósitos de resina e das diferenças nos índices de refração das matrizes de resina. Alterações na superfície de uma restauração, provocadas por atrição ou abrasão resultantes da corrosão, fadiga ou do contacto entre duas superfícies, provoca igualmente alterações no brilho (Salgado et al., 2013).

A textura da superfície dos dentes influencia diretamente a sua interação com a luz. Uma superfície rugosa irá difundir a luz originando um espectro diferente do que o inicial ao voltar ao olho (Fondriest, 2017). A macrotextura do dente respeitante às elevações e depressões da superfície do esmalte são as grandes responsáveis pelas áreas de reflexão da luz, de onde provêm as percepções das dimensões de comprimento e largura e o impacto visual. A microtextura relaciona-se com as periquimáceas, sulcos de orientação presentes no esmalte e causadas pela deposição dos cristais de hidroxiapatite, que afetam diretamente a aparência devido à criação de zonas de reflexão de luz (Salgado et al., 2013).

3. Condicionantes na percepção da cor

A seleção da cor é um processo complexo e subjetivos que depende de 3 fatores: o ambiente (fonte luminosa), o objeto (dente) e o observador (olho humano) (Bahr et al., 2015; Hilton et al., 2013; Joiner & Luo, 2017; Knezović Zlatarić et al., 2016; Mendonça & Eiró, 2017).

Existem no entanto, vários motivos que podem dificultar este processo, nomeadamente: a iluminação, a fadiga, a maquilhagem do paciente, o metamerismo, a experiência e a idade do analisador (Knezović Zlatarić et al., 2016; Mendonça & Eiró, 2017).

3.1. Ambiente

O fator que mais influência a seleção visual da cor é a iluminação (Bahr et al., 2015). Para determinarmos a cor correta de acordo com os guias de cor é fundamental uma reflexão sobre o ambiente e a luz presente (Hilton et al., 2013).

Quando um objeto é incidido pela luz, dependendo das suas propriedades físicas, a luz pode ser modificada por absorção, reflexão, dispersão, e transmissão. A luz que é refletida é a utilizada para a comparação das escalas de cores com os dentes naturais. A fonte de luz é então caracterizada por qualquer corpo ou área que distribui energia/radiação, em diferentes comprimentos de onda no espectro visível (Hilton et al., 2013; Joiner & Luo, 2017).

A fonte de iluminação utilizada durante a seleção da cor pode mudar a aparência da escala de cor e dos dentes naturais, a este fenómeno chamamos de metamerismo, onde duas amostras são iguais sob influência da mesma fonte luminosa e diferentes noutra (Bahr et al., 2015). Para reduzirmos ou eliminarmos o metamerismo é importante utilizar mais do que uma fonte luminosa sob vários ângulos (Hilton et al., 2013).

O médico dentista deve também utilizar uma fonte de luz que contemple todo o espectro de luz sem predomínio de nenhum comprimento de onda, caso contrário essa cor dominante irá tornar-se específica para o observador (Shammas & Alla, 2012).

De acordo com Joiner et al (2020) a CIE (*Commission Internationale de l'Éclairage*) com objetivo de quantificar a cor, definiu uma gama de fontes luminosas:

- A – Representa a luz incandescente;
- D – Representa a luz do dia, podendo ser ainda classificada como D50, D55, D65, D75, onde os números multiplicados por 100 correspondem à temperatura da cor em Kelvin (K). A D65 representa a luz média do meio-dia no norte da Europa e Europa ocidental e tem uma temperatura de cor na ordem dos 6500K;
- F – Representa as lâmpadas fluorescentes

As fontes de luz com temperaturas de cor diferentes produzem diferentes distribuições de cor. As temperaturas de cor mais baixas, na ordem dos 2.700 a 3.000 K, são consideradas cores quentes (de vermelho a amarelo), as temperaturas de cor mais

elevadas, na ordem 5.000 K ou acima, são cores frias (de azul a branco) (Sheng & Khoo, 2015).

O índice de reprodução de cores (CRI) é usado para medir a qualidade de uma fonte de luz a uma temperatura de cor específica comparada a uma fonte de luz padrão de referência para uma dada temperatura de cor, e pode ir de 1 a 100 numa escala, indicando se a fonte de luz é boa ou não para visualizar a cor (Shammas & Alla, 2012; Sheng & Khoo, 2015).

A luz incandescente emite uma quantidade elevada de ondas amarelas e a luz fluorescentes de ondas azuis, ambas têm um CRI muito baixo, na ordem dos 50-80, desta forma, não são adequadas para uma correta seleção e combinação de cor (Shammas & Alla, 2012).

A luz natural (luz solar) é considerada a ideal para uma correta seleção visual da cor. Esta deve englobar todo o espectro luminoso visível, manter-se constante e a uma temperatura de aproximadamente 5500K. Entre o período das 10 às 14 horas é quando estas condições estão mais propícias (Bahr et al., 2015).

No entanto a luz natural depende de muitos fatores, entre os quais: a região onde é feita a seleção da cor; as condições do tempo; estação do ano; hora do dia; humidade; poluição; intensidade, ângulo e tipo de fonte de luz; influência de iluminação externa; exposição prévia do olho humano e variáveis fisiológicas como o daltonismo (Bahr et al., 2015).

A luz solar do Norte é apontada como a melhor, uma vez que é a mais propícia a emitir todo o espectro de luz branca, com um CRI de quase 100, sendo, desta forma, a luz padrão para caracterizar todas as outras (Shammas & Alla, 2012).

Reunir estas condições todas nem sempre é possível, muitos médicos dentistas acabam por fazer a seleção da cor com ajuda de fontes de luz artificiais presentes no consultório, como é o caso de luzes fluorescentes e incandescentes (Shammas & Alla, 2012; Sheng & Khoo, 2015).

Nestes casos, a solução passa pela utilização uma luz portátil ou uma luz de teto, desde que seja uma luz difusa com restituição de cor. Para este fim, devem ser utilizadas lâmpadas de dia (D65 ou similar) e tubos com um CRI de 90 ou superior. A intensidade

de luz recomendada é entre 1.000 e 1.500 lx e um ambiente com cores neutras é considerado o ideal (Hilton et al., 2013).

Uma outra alternativa passa pelo uso de lâmpadas “handheld” (Figura 8), estas reduzem consideravelmente a influência das cores envolventes, principalmente com a luz do teto desligada. Cada uma das marcas comerciais destas lâmpadas vem com instruções específicas de distância, posicionamento e mecanismo próprio a ser utilizado (Hilton et al., 2013).



Figura 8 - Lâmpadas “handheld” da esquerda para a direita: Optilume Trueshade (Optident); Shade Wand (Authentic Dental Lab); Rite-lite (AdDent) e Demetron Shade Light (Kerr) (adaptado de Hilton, 2013).

Aquando da correspondência de cor, o ângulo de visão deve distar 45° do ângulo de iluminação. Desta forma, o ângulo de luz pode estar a 45° e a visão do observador a 0° relativamente ao dente, ou, o ângulo de luz pode estar a 0° e a visão do observador a 45° em relação ao dente, mais típico na luz de cadeira do consultório (Hilton et al., 2013).

3.2. Objeto

A cor que define um objeto depende da sua reflexão espectral, ou seja, da quantidade de luz incidente que é refletida da superfície do objeto para diferentes comprimentos de onda (Joiner & Luo, 2017).

A cor está bem caracterizada na literatura, no entanto, quando pretendemos transferir os seus elementos para a determinação da cor dentária, existem diversas condicionantes para a sua perceção, nomeadamente os diferentes constituintes dentários,

como o esmalte, a dentina e a polpa. Estes podem interferir na cor final devido às suas diferentes espessuras ao longo do dente e às suas proporções inorgânicas/orgânicas (Xiong et al., 2008).

No caso do dente, a luz incide e é refletida nas substâncias orgânicas e microcristais da superfície do esmalte. Os cristais de hidroxiapatite têm um tamanho que varia entre 0.02 e 0,4 μm e são seletivos para os comprimentos de onda que integram a luz visível (Hirata, 2017). Como o esmalte é um material translucido, esta luz incidente pode seguir caminhos irregulares através do dente antes de emergir à superfície de incidência e chegar ao olho do observador (Joiner & Luo, 2017; Pustina-Krasniqi et al., 2017), o que faz com que o esmalte apresente cores diferentes, que variam consoante a direção dos raios de luz (Hirata, 2017).

O dente é uma estrutura cristalina heterógena e fluorescente constituído por elementos que apresentam as suas próprias propriedades óticas, com níveis diferentes de opacidade e translucidez e estruturas únicas (Alsheikh, 2019; Dantas et al., 2011; Della et al., 2008; Hilton et al., 2013).

Devido à sua estrutura apresentar várias camadas, o dente é considerado policromático sendo a dentina a principal responsável pela cor (Pustina-Krasniqi et al., 2017; Vichi et al., 2007; Xiong et al., 2008).

A cor dos dentes humanos varia por dentição (dentição decídua ou permanente), entre pessoas, entre dentes de uma mesma pessoa e dentro do mesmo dente. Para além destas mudanças, a cor dos dentes também é influenciada por condições patológicas e fisiológicas, mudando ao longo da vida (Hilton et al., 2013; Pustina-Krasniqi et al., 2017).

Os dentes permanentes apresentam uma cor amarela esbranquiçada e tons ligeiramente avermelhados, comparados aos decíduos, a cor não é uniforme em todo o dente, apresenta transições de incisal para cervical, de distal para mesial e de vestibular para palatino/lingual (Hilton et al., 2013).

Em relação aos dentes de uma mesma pessoa, estes não têm a mesma cor. Os dentes anteriores maxilares (CIE b^* de 0,15) são ligeiramente mais amarelos comparativamente aos inferiores anteriores mandibulares mas em relação aos laterais

(CIE b^* de 1,96) e caninos (CIE b^* de 3,19) são menos amarelos; os incisivos centrais superiores têm um valor superior aos incisivos centrais inferiores; os caninos têm um valor inferior e são mais vermelhos (CIE a^* de 1,31) em relação aos incisivos laterais adjacentes (CIE a^* de 0,37) e os incisivos centrais maxilares apresentam os valores mais elevados de todos os dentes anteriores (CIE L^* de 51,48), seguido dos incisivos laterais (CIE L^* de 47,99) e depois os caninos (CIE L^* de 44,53) (Sheng & Khoo, 2015).

Dentro do mesmo dente, da mesma pessoa, a cor também é extremamente variável. Existe uma diferença de cor (ΔE) significativa de 8,2 unidades entre a região incisal e cervical, 4,4 unidades entre a região média e cervical e 4,9 unidades entre a região incisal e média. A matiz do terço cervical é mais avermelhada em relação ao terço médio e incisal, o croma é mais elevando no terço cervical dos dentes anteriores e o valor é muito semelhante no terço cervical, médio e incisal (Sheng & Khoo, 2015).

O que dá a cor aos dentes é, além da sua cor intrínseca, a presença de manchas extrínsecas, que se podem formar na sua superfície. A cor intrínseca é estabelecida pela forma como a luz é absorvida e transmitida dentro dos tecidos dentários e na superfície do dente e sofre alterações com o normal envelhecimento fisiológico (Joiner & Luo, 2017; Salgado et al., 2013).

A cor extrínseca é influenciada pelo tabaco, má técnica de escovagem, idade do paciente, ingestão de alimentos pigmentados e soluções corantes como café, vinho, chá e exposição a clorhexidina e iões metálicos (por exemplo, sais de ferro) (Joiner & Luo, 2017; Pustina-Krasniqi et al., 2017; Salgado et al., 2013).

Outras características presentes na dentição e que dificultam a correspondência de cor, tornando-a ainda mais complexa são as linhas de fissura no esmalte, o halo incisal, hipoplasia do esmalte, manchas por tetraciclinas ou fluorose (Hilton et al., 2013).

Segundo Hilton et al (2013), existem estudos que demonstram que o sexo, o tabagismo e o historial de branqueamento influenciam a cor dos dentes naturais permanentes, tendo sido observado uma ΔE^* (diferença de cor) de 3,0 entre os dentes permanentes das mulheres e dos homens, os destes últimos eram mais cromáticos, mais escuros e mais avermelhados. A ΔE^* entre os dentes submetidos a branqueamento e os não branqueados foi maior ainda, 4,6, sendo estes últimos mais cromáticos, mais escuros e com um ângulo de cor menor. Quanto ao tabaco, a ΔE^* entre fumadores e não

fumadores foi de 2,7, onde apenas a luminosidade sofreu uma mudança significativa. Neste estudo foi também avaliada a diferença de cor entre dentes decíduos e definitivos, esta foi de 8,2, verificando-se que os primeiros eram menos cromáticos (ΔC^* de -2,5), mais claros (ΔL^* de 7,7) e com tons mais avermelhados (Δh° de -4,2).

A relação entre a cor dos dentes e suas características com outras particularidades da aparência como o brilho, a opacidade/translucidez, fosforescência e fluorescência faz com que a escolha da cor seja um dos passos mais desafiantes para o médico dentista (Hilton et al., 2013).

Aquando da seleção da cor de um dente, com auxílio de uma escala de cores, este deve ser limpo com pasta de dentes ou pedra-pomes e enxaguado (pois dentes secos aumentam em valor). O batom e a maquiagem com cor brilhante devem ser removidos. Por exemplo, um batom de cor vermelho vivo junto ao dente a analisar irá fatigar os fotorreceptores vermelhos, enquanto isto, os fotorreceptores azuis e verdes, mantêm-se totalmente estimulados e frescos, dando a ideia de um dente azul-esverdeado. A roupa brilhante deve ser também tapada um pano cinzento (Hilton et al., 2013; Shammas & Alla, 2012).

3.3. Observador

A percepção da cor está intimamente relacionada com a biologia do olho humano, pois é através deste, que as sensações visuais são levadas ao cérebro (Hilton et al., 2013; Salgado et al., 2013). Por conseguinte os olhos e o cérebro têm de trabalhar em sintonia a fim de interpretar a luz e a cor (Shammas & Alla, 2012).

Quando a luz chega aos olhos, a sua energia é absorvida pelos fotorreceptores da retina, que constitui a superfície interna do olho, e convertida num impulso nervoso que é levado ao lobo occipital do córtex cerebral, através do nervo ótico, e interpretado lá (Hilton et al., 2013; Joiner & Luo, 2017; Reyes et al., 2019; Shammas & Alla, 2012; Tilley, 2011).

Este conjunto de reações ocorre em dois tipos de células fotorrecetoras localizadas na retina do olho: Cones e Bastonetes. Nos cones os recetores são designados de opsinas e nos bastonetes são designados de rodopsinas (Shammas & Alla, 2012; Tilley, 2011).

Os cones encontram-se em menor quantidade relativamente aos bastonetes, numa proporção de 7 milhões para 100 milhões (Hirata, 2017), têm um diâmetro de 0,006 mm e são sensíveis à luz, sendo desta forma, os responsáveis pela deteção da cor diurna (da matiz). Existem 3 variedades de células cone, com picos de sensibilidade diferentes para as regiões da cor visível: os cones L – São mais sensíveis ao vermelho num comprimento de onda longo aproximadamente de 560nm; cones M – São mais sensíveis ao verde num comprimento de onda médio aproximadamente de 530nm e os cones S – São mais sensíveis ao azul num comprimento de onda curto aproximadamente de 420nm (Hilton et al., 2013; Shamma & Alla, 2012; Tilley, 2011).

Na população existe uma variação significativa nas faixas de sensibilidade das células cone, dando origem a uma variação na visão cromática (Tilley, 2011).

Os bastonetes encontram-se em maior quantidade, têm um diâmetro de 0.002 mm e são 4 vezes mais sensíveis, sendo responsáveis pelas noções de escuro e claro, uma vez que não são sensíveis à cor, apenas à luz (ao valor) (Hilton et al., 2013; Tilley, 2011).

Desta forma, a percepção do olho à cor depende da área da retina que está a ser estimulada e não apenas à quantidade de luz. A fóvea constitui a parte mais sensível e contém predominantemente células cone (Tilley, 2011).

A deficiência em ver a cor é resultado da ausência ou fragilidade de um ou mais cones, cerca de 0,5% das mulheres e 8% dos homens, apresentam essas deficiências. Na figura 9a) temos representada uma visão normal e, de b) a d) simulações a computador que representam os vários tipos de deficiências de cor. A figura 9b) representa a falta de cones M (fotorreceptores verdes) na retina, a figura 9c) representa a completa ausência de cones L (fotorreceptores vermelhos) e a figura 9d) representa a ausência de cones S (fotorreceptores azuis) (Hilton et al., 2013).

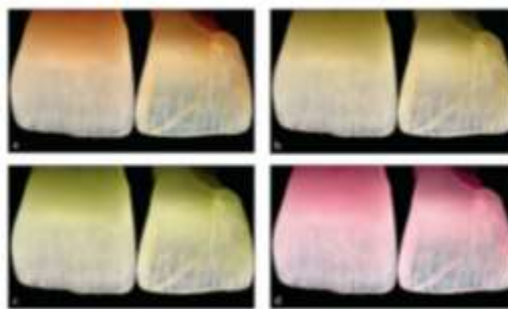


Figura 9 - Imagem representativa das deficiências de visualização de cor, devido à ausência de fotorreceptores; a) Cortesia de Adam J. Mielezsko, CDT, New York, New York; b), c) e d) Simulações a computador de Vischeck (adaptado de Hilton, 2013).

A percepção da natureza da luz e a forma como o olho percebe e o cérebro interpreta a luz como cor, é fundamental para as restaurações estéticas, principalmente as de cerâmica pura ou metalo-cerâmicas, terem sucesso (Shammas & Alla, 2012).

Dentro do espectro eletromagnético, os nossos olhos apenas conseguem captar uma parte, o espectro visível. Dentro do espectro visível, o intervalo de comprimento de onda que o olho pode alcançar, varia de pessoa para pessoa, podendo ir dos 400nm (correspondente à cor violeta) até aos 700nm (correspondente à cor vermelha) (Tilley, 2011). Os olhos castanhos são constituídos por uma maior percentagem de melanina, desta forma, são capazes de absorver melhor os comprimentos de onda. No entanto, isto não tem influência na percepção de cor, embora possa comprometer a visão. Nos olhos, os recetores de cor são os cones e a cor tem origem no cérebro com base nas diferenças qualitativas na fotossensibilidade (Çapa et al., 2014)

Uma pessoa com uma visão normal pode memorizar até 300 cores diferentes e é capaz de diferenciar entre 5 a 10 milhões de cores quando colocadas lado a lado, no entanto, estudos comprovam que até 80% dos pacientes ficam insatisfeitos com as diferenças de tonalidades perceptíveis entre o dente natural e o tratamento restaurador (Della et al., 2008).

A percepção da cor pelo operador e a sua capacidade de distinguir duas cores quando comparadas lado a lado é influenciada não só pelas suas condições psicológicas e físicas como também pela sua subjetividade. Esta deve ser feita por médicos dentistas com uma visão cromática normal e os que têm deficiências na visão da cor devem ser auxiliados (Bayindir et al., 2007; Chu et al., 2010; Della et al., 2008; Moodley et al., 2015).

Erros refrativos como o astigmatismo, hipermetropia e miopia são corrigidos com recurso a lentes de contacto e óculos, no entanto, se estes não tiverem corrigidos a capacidade de comparar as cores com comprimentos de onda diferentes pode ser afetada. Todavia mesmo com correção pode-se esperar algum efeito na correspondência de cores, no entanto este efeito é insignificante sendo necessários mais estudos para responder a essa questão (Çapa et al., 2014).

A capacidade de reconhecer a cor difere entre mulheres e homens, derivado de deficiências da genética e da visão cromática. Entre os homens existe uma maior percentagem de deficiências de cor comparado com as mulheres (Çapa et al., 2014).

Quanto à influência da especialidade que o médico dentista exerce e os anos de prática clínica, na capacidade de correspondência da cor, são ambíguos na literatura. A experiência é importante assim como a idade e o estado do olho (órgão visual). Com a idade a córnea e as lentes dos olhos começam a ficar amareladas, resultando numa maior propensão a ver objetos em castanho e amarelo (Çapa et al., 2014; Hilton et al., 2013).

Existe também uma maior taxa de sucesso para os profissionais de medicina dentária que estejam em especialidades que envolvam procedimentos restauradores que necessitem da correspondência de cores com as cerâmicas e resinas do que profissionais que estejam em áreas como a cirurgia oral, periontologia entre outras (Çapa et al., 2014).

O processo de correspondência de cor deve ser feito no início da consulta, para evitar erros derivados da fadiga ocular. O uso de lentes de contacto ou óculos coloridos não é aconselhado em qualquer tarefa que envolva cor (Hilton et al., 2013).

Os olhos devem estar alinhados ao nível dos dentes e perpendicularmente ao lábio. A escala de cores deve estar posicionada na mesma conformação e plano do dente em casos de ausência do lateral (Figura 10a) ou entre a maxila e a mandíbula, na vertical ou horizontal em caso de presença dos adjacentes (Figura 10b), a uma distância de 25 a 35 cm (Hilton et al., 2013; Shamma & Alla, 2012).

Cada tentativa de combinação de cor deve durar apenas 5 segundos, pois passado este tempo o olho conforma-se e fica tendencioso. Ao olharmos para uma cor

mais de 5 segundos e depois fecharmos os olhos, a imagem aparece com a cor oposta, chamado o fenômeno de sensibilidade à cor, que afeta a seleção da cor. Entre cada observação é igualmente importante a visualização de um cartão neutro como um cinzento claro (Hilton et al., 2013; Shammass & Alla, 2012).



Figura 10 - Imagem representativa da posição da escala de cores, relativamente aos dentes a) Na presença de dentes adjacentes; b) Na ausência de dente adjacente (adaptado de Hilton, 2013).

4. Metodologias de determinação da cor dentária

Na prática clínica e na investigação dentária, a medição da cor dos materiais dentários restauradores e dos dentes naturais torna-se muito importante (Joiner & Luo, 2017).

A seleção da cor pode ser feita através de uma apreciação visual ou com recurso a uma análise instrumental (Ahn & Lee, 2008; Bayindir et al., 2007; Hilton et al., 2013).

Ambos os métodos utilizam escalas de cor pré-fabricadas e padronizadas como referência, no entanto, como estas não representam rigorosamente a natureza policromática dos dentes naturais, os resultados vão ser influenciados. Os resultados obtidos dependem não só da análise de cor mas também da marca e do material utilizado (Reyes et al., 2019).

Aquando da exposição de um objeto à luz, podem ocorrer 4 fenômenos diferentes: reflexão, transmissão, difusão e/ou absorção de luz, independentemente da sua natureza ótica (objetos transparentes, translúcidos ou opacos). Desta forma, a cor é percebida e interpretada pelo observador (olho humano) ou por um instrumento de medida em função desses fenômenos (Bahr et al., 2015).

4.1. Visuais

O método de identificação visual da cor, por meio do olho humano, é considerado o método referencial hoje em dia e visa a comparação dos dentes naturais com escalas de cores pré-fabricadas e padronizadas, constituídas por amostras guia que representam as cores médias presentes na dentição humana (Della et al., 2008; Dias et al., 2017; Reyes et al., 2019). Este é considerado um método economicamente satisfatório e rápido (Della et al., 2008; Moodley et al., 2015).

As escalas mais utilizadas, são, atualmente as VITA Classical e as VITA 3D-Master (Dias et al., 2017; Mehl et al., 2017).

Apesar do método visual ajudar a identificar e divulgar a cor de forma rápida e simplificada, apresenta limitações, as mais divulgadas prendem-se com a variabilidade subjetiva do observador e com as deficiências inerentes às escalas de cor, entre elas o facto de estas não terem todas as cores presentes na dentição humana (Kalantari et al., 2017; Parameswaran et al., 2016). Foram também descritas incoerências no fabrico das escalas de cor convencionais, devido à dificuldade em controlar todos os critérios de estratificação, não existindo por isso no mercado escalas de cores exatamente iguais (Gurel, 2003; Hilton et al., 2013; Parameswaran et al., 2016).

Fatores como o envelhecimento, a fadiga ocular, problemas fisiológicos, emoções, daltonismo, metamerismo, pouca experiência, condições da luz ambiente e fonte de iluminação utilizada podem causar erros na seleção visual da cor. A textura da superfície do dente, a translucidez e a cor do ambiente em volta são também motivos que dificultam a seleção da cor dos dentes naturais (Anand et al., 2016; Kalantari et al., 2017; Moodley et al., 2015; Parameswaran et al., 2016).

Por conseguinte os erros aquando da seleção da cor pelas escalas pré-fabricadas são muito comuns e passam normalmente despercebidos tanto ao médico dentista como ao paciente (Hirata, 2017).

As escalas são organizadas de acordo com a matiz, o valor e o croma, no entanto, como o olho humano é mais sensível a mudanças de luz/escuro (valor) e ao croma, as escalas de cor que são baseadas em valor são mais precisas aquando da seleção de cor comparativamente à matiz. Quanto ao croma os erros ocorrem em níveis

mais elevados, como a diferença entre A8 e B8 ou A7 e B7, o mesmo não acontece quando analisamos um A2 e B2, onde os erros já não são pré-definidos (Çapa et al., 2014; Gurel, 2003; Hirata, 2017).

Desta forma, o valor é considerado o critério dominante. Ao compararmos por exemplo, um tom B1 com um A1, é difícil avaliar qual a amostra que apresenta uma cor mais laranja ou mais amarela, porém, é relativamente fácil precisar qual a amostra mais intensa/brilhante (qual o valor) (Figura 11). Assim, a restauração vai ser aceitável clinicamente com o croma e o valor corretos, mesmo que a matiz se encontre ligeiramente distante do ideal (Gurel, 2003; Hirata, 2017).



Figura 11 - Imagem ilustrada representativa de cores com diferentes matizes e valores (adaptado de Hirata, 2017).

4.1.1. VITA Classical

Desde 1956 que a escala “VITA Classical” (VC) (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) está disponível no mercado e constitui o “gold standard” para os sistemas visuais de cor, permanecendo quase inalterada até aos dias de hoje. A maior parte dos compósitos são fabricados com base nesta escala (Hilton et al., 2013; Shammass & Alla, 2012; Vichi et al., 2011).

Esta é composta por 16 cores e pode ser organizada em dois separadores, a matiz ou o valor (Gurel, 2003; Hilton et al., 2013).

A organização segundo a matiz (Figura 12) é dividida em 4 grupos dispostos por letras, de A a D, onde o A corresponde a tons castanhos, B a tons castanhos com amarelo, C a tons castanhos com cinzento e o D a tons castanhos com vermelho. Em cada um destes grupos, há uma disposição por números, que sucedem a letra e correspondem ao croma, o croma aumenta consoante o aumento do número, por

exemplo dentro da matiz A, A4 é mais cromático do que A1 (Hilton et al., 2013; Hirata, 2017; Vichi et al., 2011).

De acordo com esta organização, o primeiro passo passa pela seleção da letra (matiz) e o segundo passo pela seleção do número (croma) dentro da matiz escolhida (Hilton et al., 2013; Shammass & Alla, 2012).



Figura 12 - Imagem da escala de cores VITA Classical, organizada segundo a matiz, de A a D. Da esquerda para a direita: A1, A2, A3, A3.5, A4, B1, B2, B3, B4, C1, C2, C3, C4, D1, D2, D3, D4 (adaptado de Hilton, 2013).

A organização segundo o valor (Figura 13) está posicionada do tom mais claro para o mais escuro, começando na cor B1 e acabando na C4 (Hilton et al., 2013; Shammass & Alla, 2012). Esta disposição da escala constitui um método utilizado frequentemente para o controlo visual da eficiência do branqueamento (Paravina et al., 2019).



Figura 13 - Imagem da escala de cores VITA Classical, organizada segundo o valor, de B1 a C4. Da esquerda para a direita: B1, A1, B2, D2, A2, C1, C2, D4, A3, D3, B3, A3.5, B4, C3, A4, C4 (adaptado de Hilton, 2013).

Este guia de cores difundido a nível mundial tem como principal vantagem a sua facilidade de utilização, no entanto, carece de uma distribuição adequada e lógica no espaço de cor CIELab*. Isto deve-se ao facto da escala ter sido concebida muito antes das especificações CIELab* terem sido introduzidas (Vichi et al., 2011).

A escala de cores VITA Classical, em comparação com os dentes naturais, tem um valor muito alto e um croma muito baixo, demonstrou Miller (Gurel, 2003). A escala posicionada da cor mais clara para a mais escura e sem uma distribuição uniforme das cores, reduz a eficácia da mesma (Hilton et al., 2013).

4.1.2. VITA 3D-Master

O guia de cores VITA 3D-Master (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany) foi desenvolvido em 1998, com o objetivo de criar um agrupamento de cores mais sistemático e sequencial e não apenas uma comparação direta entre dente e escala (Corcodel et al., 2010; Mehl et al., 2017; Zenthöfer et al., 2014), deste guia fazem parte o “Bleachedguide”, o “Linearguide” e o “Toothguide” (Hilton et al., 2013).

Comparado com outros sistemas mais antigos, este apresenta uma melhor e mais lógica gama de cores para a dentição humana e inclui as três dimensões da cor (matiz, valor e croma), por conseguinte, a probabilidade de selecionar a cor certa é maior (Hilton et al., 2013; Reyes et al., 2019; Vichi et al., 2011).

Este é constituído por 26 guias de cor e foi desenvolvido com base na descrição de cor dada pela CIE em 1976 (Corcodel et al., 2010; Zenthöfer et al., 2014). Uma das principais modificações face ao antigo sistema de cores VITA foi a remoção da matiz cinza (C) (Hirata, 2017).

Cada separador da escala é designado por uma combinação de um número; uma letra e um número. O primeiro número a selecionar corresponde ao valor e está dividido em 6 grupos, representados de 0 (mais claro) a 5 (mais escuro) (Figura 14) (Hilton et al., 2013; Pustina-Krasniqi et al., 2017). Originalmente o grupo “0”, não estava presente e foi acrescentado mais tarde como representativo dos dentes sujeitos a branqueamento (Vichi et al., 2011).

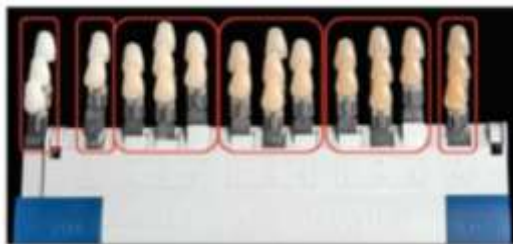


Figura 14 - Imagem da escala de cores VITA Toothguide 3D-Master: a divisão segundo o valor de 0 a 5, do mais claro para o mais escuro (adaptado de Hilton, 2013).

A letra corresponde à matiz, num total de 3 letras, a L corresponde aos tons amarelados, M corresponde ao tom médio entre amarelo e vermelho e R corresponde a tons avermelhados (Figura 15) (Hilton et al., 2013; Pustina-Krasniqi et al., 2017).

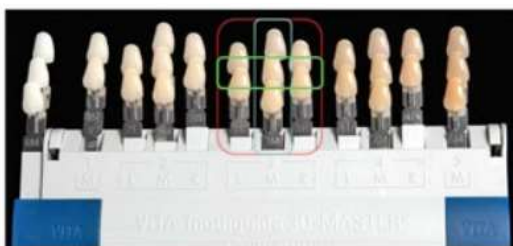


Figura 15 - Imagem da escala de cores VITA Toothguide 3D-Master: a divisão horizontal da matiz (L, M e R), presentes apenas nos grupos 2, 3 e 4 (adaptado de Hilton, 2013).

O último número representa o croma, num total de 3 números, do 1 (menor croma) ao 3 (maior croma) (Figura 16) (Hilton et al., 2013; Pustina-Krasniqi et al., 2017).

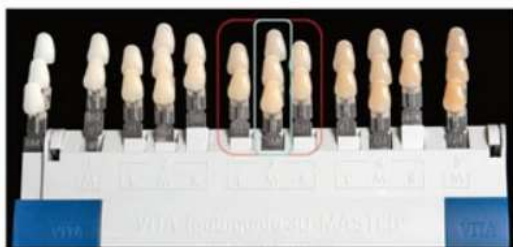


Figura 16 - Imagem da escala de cores VITA Toothguide 3D-Master: a divisão vertical do croma de 1 a 3, do menos cromático para o mais cromático (adaptado de Hilton, 2013).

Dentro dos sistemas VITA 3D-Master, o primeiro a ser criado foi o Toothguide. A escolha de cores segundo este sistema é feita em 3 passos. Primeiro seleciona-se o valor utilizando todos os 6 grupos, o segundo passo é a escolha do croma dentro das várias amostras verticais incluídas no grupo do valor e por ultimo seleciona-se a matiz dentro das 3 amostras horizontais presentes nos grupos 2, 3 e 4, desta forma, o número de opções diminui a cada etapa (Çapa et al., 2014; Corcodel et al., 2010; Hilton et al., 2013; Zenthöfer et al., 2014).

Clinicamente, esta abordagem dividida em três passos leva a menos desajustes de cor comparativamente à VITA Classical (Corcodel et al., 2010).

O sistema 3D-Master Linearguide foi introduzido no mercado a fim de facilitar o trabalho do clinico. Este não é um novo guia de cores, ou seja, tem os mesmos grupos que o sistema Toothguide mas com uma disposição e método para a escolha de cor diferentes (Vichi et al., 2011).

O primeiro passo corresponde à escolha do valor mas, ao contrário do Toothguide, é utilizada uma escala linear que tem presente apenas as amostras correspondentes aos valores médios de cada grupo, ou seja, de 0M2 a 5M2. Esta seleção está simplificada, uma vez que o médico dentista apenas tem de escolher entre 6 amostras com diferenças de cor mais pronunciadas (Figura 17a). O segundo passo, corresponde à escolha do croma e da matiz dentro das amostras do valor selecionado (Figura 17b). De acordo com os utilizadores, este é um método fácil de usar e bastante explicativo (Hilton et al., 2013; Vichi et al., 2011).

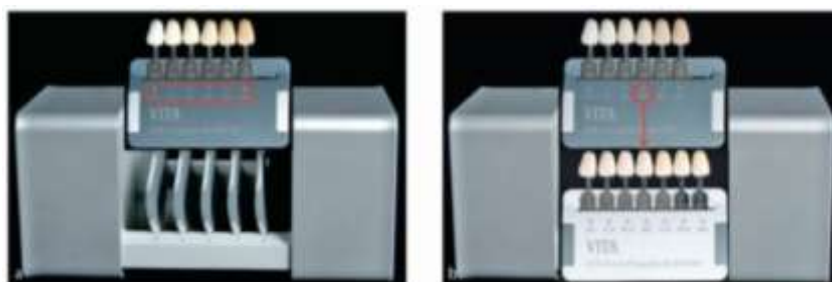


Figura 17 - Imagem da escala de cores VITA Linearguide 3D-Master: a) Passo 1 – seleção do valor; b) Passo 2 – Seleção do croma e da matiz dentro do valor selecionado (adaptado de Hilton, 2013).

Outro guia de cores da VITA 3D-Master é o “Bleachedguide” (BG) (VITA Zahnfabrik), desenvolvido especificamente para avaliar visualmente a evolução do branqueamento dentário. Veio substituir em 2016 a escala VITA Classical no controlo do branqueamento dentário segundo as diretrizes da “*American Dental Association*” uma que vez que, apresenta uma disposição de cores mais ampla e consistente, com uma gama de tons mais claros complementando a atual medicina dentária estética (Figura 18) (Hilton et al., 2013; Paravina et al., 2019).

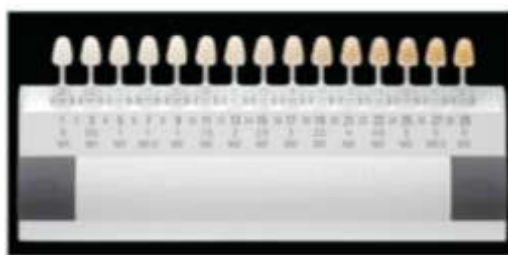


Figura 18 - Imagem da escala de cores VITA Bleachedguide 3D-Master de 29 passos (adaptado de Hilton, 2013).

É constituído por 29 SGU (Unidades de guias de cor), estas unidades servem para calcular a eficácia do branqueamento dentário, através do número SGU antes do branqueamento dentário menos o numero SGU após do branqueamento (Paravina et al., 2019).

4.2. Instrumentais

Uma vez que a cor pode ser interpretada de formas distintas entre os observadores, no fim da década de 90 foram introduzidos sistemas de identificação através de instrumentos, a fim de evitar esta subjetividade que surge aquando da perceção individual da cor. Estes instrumentos são mais consistentes e rápidos na análise da cor e podem ser quantificados (Della et al., 2008; Kim, 2018; Parameswaran et al., 2016; Paravina et al., 2019). No entanto, também apresentam as suas limitações, uma vez que variam consoante o método de medição utilizado, a configuração e o tipo do aparelho, a superfície do dente e as condições do ambiente/fundo (Salgado et al., 2013).

O método de identificação da cor por meio de instrumentos pode ser feito utilizando espectrofotômetros, colorímetros, e também por meio de software de imagem digital (Alves et al., 2014; Joiner & Luo, 2017; Parameswaran et al., 2016). O gold standard são os espectrofotômetros (Mehl et al., 2017; Reyes et al., 2019).

Estes devem ser conjugados com um método visual ou utilizados de forma independente (Hilton et al., 2013; Knezović Zlatarić et al., 2016; Salgado et al., 2013).

O que estes instrumentos vão fazer para calcular com precisão a cor é medir a energia presente em cada comprimento de onda de luz (Tilley, 2011), através de um detetor e condicionador de sinal e de um software que processa a informação e torna os sinais utilizáveis no laboratório ou na clínica (Parameswaran et al., 2016).

Para além do fornecimento de um mapa de cores, alguns deles são ainda capazes de fornecer detalhadamente uma imagem da superfície do dente. Os resultados são apresentados por norma em unidades do sistema CIE $L^*a^*b^*$ e indicam qual a cor da escala pré-fabricada mais adequada (Anand et al., 2016; Dias et al., 2017; Hilton et al., 2013).

Emboras estes dispositivos se apresentem como os mais objetivos e benéficos na determinação da cor dentária, são atualmente pouco utilizados pelos profissionais de medicina dentária (Hilton et al., 2013). Devido ao custo do equipamento, à complexidade e principalmente à dificuldade de utilização in vivo. São então mais utilizados no âmbito da investigação (Parameswaran et al., 2016).

Na investigação dentária, os instrumentos e sistemas de medição de cor são utilizados a fim de: avaliar os limites da cor visual, comparar avaliações visuais e instrumentais, avaliar a estabilidade e compatibilidade da cor, estudar o branqueamento dentário e as interações de cor entre materiais dentários e dentes (Joiner & Luo, 2017).

Dispositivos de medição de cor		
Instrumento	Marca	Tipo
Easyshade	VITA	Espectrofotômetro
Easyshade Compact	VITA	Espectrofotômetro
Shade X	X-Rite	Espectrofotômetro
ShadeStar	Dentsply	Espectrofotômetro
DVS 11	DV	Espectrofotômetro
Spectroshade Micro	MHT	Espectrofotômetro/ Fornece imagens
Crystal eye	Olympus	Espectrofotômetro/ Fornece imagens
Shade Eye	Shofu	Colorímetro
Shade Scan	Cynovad	Colorímetro
Shade Vision	X-Rite	Colorímetro/ Fornece Imagens
Clear Match	Clarity Dental	Software (Necessita de câmara digital)
Color Scanner 2006	Nuova Franco Suisse	Software (Necessita de câmara digital)

Tabela 1 - Tabela com os instrumentos de identificação de cor disponíveis comercialmente (adaptado de Vichi, et al., 2011).

4.2.1. Espectrofotômetros

O espectrofotômetro é um instrumento de análise utilizado para a medição quantitativa das propriedades de transmissão ou reflexão de um objeto, limitado para a medição de cores com comprimentos de onda do espectro visível (usualmente entre 350 a 800 nm), com modos específicos para dois guias de tonalidades dentárias comerciais: o VITA 3D-Master (3D) e o VITA Classical (VC) (Della et al., 2008; Kim, 2018; Vichi et al., 2011).

Comercialmente estão disponíveis vários dispositivos, que se dividem em espectrofotômetros que não fornecem imagens e que medem áreas limitadas do dente (área cervical, média ou oclusal), como por exemplo o VITA Easyshade Compact, e espectrofotômetros que fornecem imagens e informação de cor da totalidade do dente, como o Spectroshade Micro e o Crystaleye (Moodley, Patel, Moodley, T., & Ranchod, 2015; Chen., et al. 2010; Dias., et al, 2017).

Dentro dos instrumentos de medição de cor estes são considerados os instrumentos mais precisos, flexíveis e úteis na identificação das cores dos dentes naturais com referência a uma cor conhecida nas escalas padronizadas (Dias et al., 2017; Hilton et al., 2013; Knezović Zlatarić et al., 2016; Moodley et al., 2015; Salgado et al., 2013).

Segundo Kim (2018), os espectrofotômetros que medem a superfície do dente limitada por zonas (cervical, média ou oclusal) são mais fiáveis do que aqueles que medem o dente completo e também do colorímetro.

A luz utilizada é muito importante para a determinação da cor, desta forma, os espectrofotômetros contém uma fonte de luz própria padronizada que vai iluminar a superfície de medição (o dente) (Hilton et al., 2013; Parameswaran et al., 2016).

São ainda constituídos por uma fonte de radiação ótica com um sistema de medição, um modo de dispersão da luz, um detetor e um meio de converter a luz obtida num sinal que pode ser analisado (Chu et al., 2010). Desta forma ele é capaz de medir a quantidade de luz refletida pelo dente em intervalos de 1-25nm ao longo do espectro visível (Knezović Zlatarić et al., 2016; Salgado et al., 2013).

Diferentes fatores podem interferir no desempenho do espectrofotómetro intraoral. Estes instrumentos medem a superfície curva do dente e não a superfície plana, desta forma, qualquer abertura pode causar um efeito de perda de luz nas bordas dos dentes, causando uma alteração na interpretação da cor. A precisão e repetibilidade do dispositivo também podem ser afetadas pelo grau de translúcidos dos dentes (Kim, 2018).

Antes de qualquer medição, devem-se tomar alguns cuidados a fim de evitar erros de leitura. O paciente deve escovar a face vestibular dos dentes a medir durante um minuto e depois lavar com água, evitando erros derivados da descoloração extrínseca. Para impedir alterações na opacidade, que ocorrem devido à perda intrínseca de humidade, é importante o dente estar hidratado antes da medição (Moodley et al., 2015).

Segundo Knezović Zlatarić et al (2016) e Salgado et al (2013), os espectrofotómetros apresentaram um aumento de 33% na precisão em comparação com

as técnicas convencionais de observação pelo olho humano e uma correspondência mais objetiva em 93.3% dos casos.

4.2.1.1. VITA Easyshade Compact

O VITA Easyshade Compact (VITA Zahnfabrik, Bad Saßkingen, Germany) (Figura 19) lançado em 2009 como evolução do antigo “easyshade” é um espectrofotômetro pequeno, sem fios, funciona com bateria é economicamente acessível e portátil de contacto. Apresenta o modo “dente”, limitado por regiões, na medição da cor; o modo “restauração” sendo capaz de verificar a cor das restaurações (especialmente as de cerâmica) e de medir a cor das escalas de cor (Alves et al., 2014; Chu et al., 2010; Hilton et al., 2013; Ramanna, 2018).

De modo a evitar a luz refletida especular, que não contém quase nenhuma informação de cor e pode afetar negativamente a leitura, o Easyshade foi criado com base numa fibra ótica de grande diâmetro disposta numa sonda de aço inoxidável com um diâmetro que pode ir até aos 5 mm. Aquando da medição da cor, o dente é iluminado pela periferia da sonda, com uma luz proveniente de uma lâmpada de halogéneo de 20W presente no dispositivo. A zona de medição da cor tem duas áreas de leitura distintas, uma de 3mm e outra de 1mm. A leitura a uma distância maior está posicionada idealmente ao nível da dentina e corresponde ao modo “dente”, medindo a cor do dente. A zona mais próxima corresponde ao modo “restauração” e mede a cor das cerâmicas dentárias (Chu et al., 2010; Della et al., 2008; Vichi et al., 2011).

No modo “restauração”, o aparelho faz a medição extra oral da cor das restaurações verificando se corresponde à matiz, croma e valor previamente selecionados. No modo de guias de cor é capaz de medir a cor das escalas VITA classical e VITA 3D-Master e inclusivamente a de dentes branqueados. Aquando da medição da escala VITA classical este aparelho avalia os critérios $L^*C^*h^*$ e aquando da medição da VITA 3D-Master avalia os critérios $L^*a^*b^*$, através do sistema CIELAB (Alves et al., 2014; Della et al., 2008).



Figura 19 - Aplicação clínica do espectrofotômetro EasyShade Compact a) Calibração do instrumento; b) Medição da cor; c) Valores métricos da diferença de cor em relação à escala VITA classical; d) Valores da escala de cor em relação à escala VITA 3D-Master (adaptado de Chu, Trushkowsky, & Paravina, 2010).

4.2.1.2. Spectroshade Micro

O Spectroshade MicroTM (MHT Optic Research, Niederhasli, Switzerland) é um aparelho mais complexo a nível de hardware e design, que combina a análise espectrofotométrica com a imagem digital, oferecendo uma maior flexibilidade na análise da cor (Chu et al., 2010; Vichi et al., 2011).

Mede a cor dos dentes através de uma medição de superfície total (Dias et al., 2017; Salgado et al., 2013), utilizando um espectrofotômetro LED juntamente com uma câmara digital. No decorrer da medição das cores é utilizando um sistema de posicionamento e orientação do dente, que é apresentado num ecrã LCD tátil. Todos os dados e imagens espectrais são transferidas para o seu computador interno e armazenadas na memória interna (Chu et al., 2010; Hilton et al., 2013). O seu software pode efetuar diversas funções, incluindo o mapeamento de cores, o envio ao laboratório via mail de dados e ainda a sobreposição da imagem clínica com as imagens do fabricante das cerâmicas a fim de realizar uma tentativa virtual (Vichi et al., 2011).

O primeiro passo para a leitura passa por colocar o dispositivo no modo “dente completo”, de seguida este é inserido na boca, perpendicularmente à superfície dentária em estudo, nivelado na área entre o terço médio da coroa e o bordo incisal, conforme

indicado pelas linhas transversais, visualizadas na imagem do dente no dispositivo. Para uma leitura correta o instrumento é segurado manualmente de modo estável contra a superfície dentária e o botão de ativação presente no instrumento é pressionado até que este emita um “bip”, que indica a conclusão da medição e o resultado aparece no ecrã. A leitura é dada apenas quando o dente aparece na totalidade com uma linha verde a circunda-lo (Figura 20) (Moodley et al., 2015).

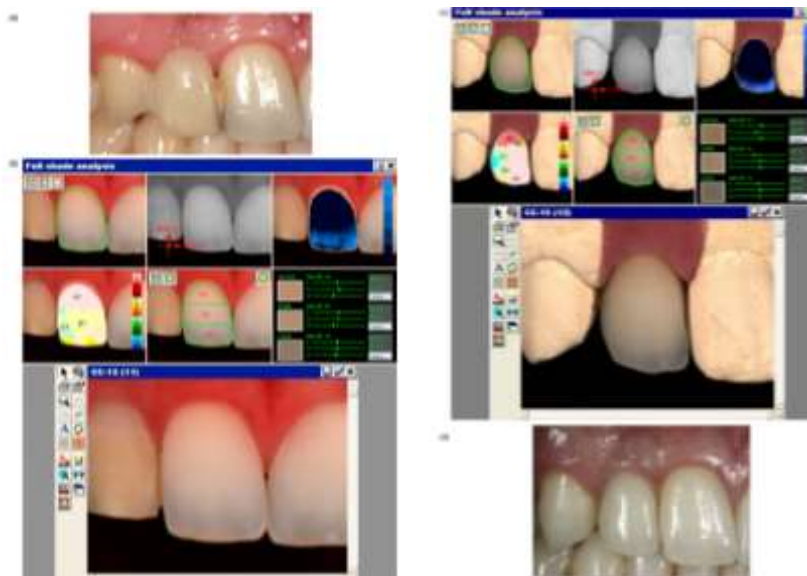


Figura 20 - Aplicação clínica do espectrofotómetro Spectroshade Micro a) Dente 12 congenitamente ausente a ser substituído por um implante; b) O Spectroshade Micro cria um mapa de cores que pode ser convertido em várias escalas de cor, na imagem é convertido no guia VITA classical. Fornece uma cor para cada zona do dente (cervical, média e oclusal); c) Verificação das cores na peça final; d) Resultado final com um implante e coroa com um excelente resultado estético e funcional (adaptado de Chu, Trushkowsky, & Paravina, 2010).

Após as leituras VITA Classical e VITA 3D Master, os valores são convertidos para a escala L^*a^*b , utilizando o software SpectroShade (Spectroshade MHT, Verona, Itália) (Moodley et al., 2015).

4.2.1.3. Crystaleye

O Crystaleye™ (Olympus, Tokyo, Japan) (Figura 21) é um espectrofotómetro portátil, sem cabos que concilia as vantagens do espectrofotómetro tradicional com a

fotografia digital (Chen et al., 2010; Chu et al., 2010; Hilton et al., 2013; Odaira et al., 2011).



Figura 21 - Espectrofotômetro Crystaleye (Olympus, Tokyo, Japan) (adaptado de Odaira, Itoh, & Ishibashi, 2011).

Este produto permite aos profissionais determinar a cor e tonalidade do dente com maior simplicidade e precisão em comparação com o espectrofotômetro tradicional, através do desenvolvimento do processamento de imagem e da tecnologia ótica (Chu et al., 2010).

Antes da medição, o aparelho tem de ser calibrado para obter as informações de cor padrão, feito através de uma placa de referência, instalada na base do suporte. Tem uma base de dados para as escalas VITA classical, VITA 3D-Master, Chromascop (Ivoclar, Vivadent, Schann, Liechtenstein), Vintage Halo NNC (Shofu, Kyoto, Japan) e Noritake (Noritake, Nagoya-shi, Aichi, Japan). Depois de calibrado, a medição de cor é iniciada (Chen et al., 2010; Odaira et al., 2011).

Para produzir a imagem, o espectrofotômetro Crystaleye utiliza um LED de 7 bandas como fonte de iluminação, resultando na reprodução mais precisa da cor relativamente aos sistemas tradicionais utilizados com câmaras digitais. Aliada a isto, o Crystaleye produz a imagem diretamente do interior da cavidade oral, sem receber luz externa a qual podia interferir e causar discrepâncias (Chen et al., 2010; Chu et al., 2010; Odaira et al., 2011).

A secção de medição de cores é composta por um espectrofotômetro com um LCD (monitor de cristal líquido), um suporte para a transmissão e calibração de dados para o computador pessoal e um suporte de contato (Odaira et al., 2011).

As imagens obtidas são processadas e analisadas por um software de apoio (Crystaleye Application v.1.4, Olympus) no computador, este é capaz de identificar automaticamente a zona a medir (zona incisal, média ou oclusal) do dente em causa e apresentar a cor para cada uma das três áreas. Imagens faciais também podem ser obtidas seleccionando a configuração no espectrofotómetro (Chen et al., 2010; Odaira et al., 2011).

4.2.2. Colorímetros

Os colorímetros são instrumentos mais simples confeccionados para medir a cor através de um filtro, que simula o olho humano, e que filtra a luz que é refletida pelo dente nas áreas RGB (áreas vermelhas, verdes e azuis) do espectro visível, conseguindo medir os valores dos componentes tricromáticos (CIE XYZ) e convertê-los para valores CIELAB (Joiner & Luo, 2017; Kim, 2018; Ramanna, 2018; Vichi et al., 2011).

Estes instrumentos são constituídos por uma fonte de luz e um detetor com três filtros que fazem uma correspondência próxima com as funções de correspondência de cores CIE ou uma combinação linear das mesmas (Joiner & Luo, 2017).

Os colorímetros são instrumentos confiáveis e precisos para medições de diferenças de cor e mostraram ter uma boa repetibilidade, principalmente nos incisivos maxilares (Joiner & Luo, 2017; Kim-pusateri & Brewer, 2009). No entanto, comparados com os espectrofotómetros, como não registam a translucidez tornam-se são menos precisos. O desgaste dos filtros afeta também a precisão (Ramanna, 2018).

Estes instrumentos apresentam algumas desvantagens aquando da medição da cor em dentes, uma vez que, estes são projetados para medir superfícies planas e os dentes são frequentemente curvos e podem apresentar anomalias superficiais. Outra desvantagem passa pelo facto dos dentes serem translúcidos, o que pode originar perda de luz na extremidade do dente em estudo, dando valores de cor incorretos e existe também uma fraca concordância entre os instrumentos (Joiner & Luo, 2017).

No entanto, a análise de cor com recurso a colorímetros apresenta muitos pontos fortes como a sua sensibilidade na perceção capaz de medir diferenças de cor muito pequenas em amostras de cor muito semelhantes, e é um instrumento de fácil utilização

e comparado com o espectrofotômetro é menos dispendioso. Constitui desta forma, um instrumento ideal na investigação dentária da cor de dentes naturais, materiais restauradores e tecidos moles. A sua utilização também tem sido descrita nas alterações da cor dos dentes em sequência de tratamentos branqueadores em estudos *in vivo* e *in vitro* (Joiner & Luo, 2017; Kim-pusateri & Brewer, 2009).

4.2.2.1. ShadeVision

ShadeVision (X-Rite, Grandville, MI) é um exemplo de colorímetro de imagem sem fios e compacto com uma sonda de 3mm de diâmetro e codificação para as escalas de cor mais comuns. Tem na sua constituição três bases de dados separadas que correspondem às regiões incisais, médias e oclusais dos dentes. Através da sua função de teste virtual é possível, durante o fabrico, experimentar virtualmente a representação da cor (Chu et al., 2010).

4.2.3. Técnicas de Imagem Digital

Como alternativa aos espectrofotômetros e colorímetros foi proposta a determinação das cores com recurso a uma base fotográfica analisada por um software específico de imagem digital (Sheng & Khoo, 2015).

As câmaras digitais através da obtenção de informação de imagem RGB (áreas vermelhas, verdes e azuis do espectro visível) podem ser usadas para produzir imagens a cores. Elas conseguem fazer o mapeamento acromático e a cores ao analisar a imagem capturada (Ramanna, 2018). No entanto esta informação está dependente do dispositivo, ou seja, os fotossensores são diferentes em cada câmara e têm a sua própria sensibilidade e resposta espectral produzindo diferentes valores RGB para a mesma imagem, sendo necessário uma calibração específica para cada câmara (Sheng & Khoo, 2015).

O sistema ClearMatch (Clarity Dental Corp., Salt Lake City, UT, EUA) é um exemplo de software, introduzido em 2001, que serve-se da alta resolução da imagem

digital para comparar as cores do dente com as cores de referência conhecidas, armazenadas na sua base de dados (Ramanna, 2018; Sheng & Khoo, 2015).

Este software de mapeamento e normalização de cores pode calibrar a imagem digital para corresponder a uma cor do dente, independentemente do tipo e marca da câmara utilizada. Para isso, o sistema é calibrado utilizando três pontos de referência: uma referência padrão preta, uma referência padrão branca e um guia de cores comercial. Todos estes pontos devem fazer parte da imagem digital. O software é composto por uma base de dados com uma vasta gama de guias de cor comercialmente disponíveis, que o programa vai comparar com a imagem digital a fim de produzir um mapa de cores dos dentes naturais (Sheng & Khoo, 2015).

O médico dentista para a utilização deste sistema necessita, para além do software, um guia de cores, os separadores de referência brancos e pretos e uma câmara digital com determinadas especificações do fabricante (ClearMatch Clarity Dental Corporation (2001-2005)). Esta deve captar a imagem com uma macro visão de quatro dentes; a exposição à luz deve ser consistente e não muito sobre ou sub-exposta; é recomendado o uso de um flash macro anelar ou um flash incorporado sobre a lente e as fontes de luz do consultório devem ser evitadas pois podem dominar a luz do flash e causar reflexos indesejados nos dentes e por último as imagens devem ser guardadas em ficheiro JPG para posterior análise no sistema ClearMatch (Sheng & Khoo, 2015).

Este programa apresenta várias vantagens, entre elas, o custo de utilização, que é significativamente mais baixo comparativamente à aquisição de um espectrofotómetro intraoral ou um colorímetro. Tem uma base de dados com uma vasta seleção de guias de cor que podem ser utilizadas para determinar a cor, o médico dentista pode enviar as imagens via email ao técnico de laboratório e o técnico de laboratório pode enviar de volta para o dentista confirmar o tom. O programa tem ainda a vantagem de apresentar mais informação de cor do que a básica correspondente ao separador do guia de cores, através de um mapeamento de cores mais detalhado (Sheng & Khoo, 2015).

III. CONCLUSÃO

A cor e o aspeto dos dentes constituem uma preocupação comum dos pacientes em quase todo o mundo, o que reflete um aumento na procura de tratamentos que permitam melhorar a estética dentária.

Desta forma, torna-se fundamental a aplicação de conceitos de ciência da cor na medicina dentária permitindo o alcance da cor desejada pelos pacientes.

Aquando da percepção da cor esta vai ser influenciada não só pelo observador como também pelas condições de iluminação do espaço e o objeto em si.

Atualmente o médico dentista pode acompanhar as pretensões do paciente devido aos avanços da tecnologia na medição da cor, através de técnicas quantitativas como colorímetros, espectrofotómetros e programas de imagem digital. Estes apresentam resultados reprodutíveis e precisos, e não são influenciados pelo meio envolvente, como por exemplo as condições de iluminação.

Podemos concluir que a técnica de eleição pelos médicos dentistas continua a ser a seleção visual através das escalas de cor padronizadas e pré-fabricadas, não só devido ao facto de ser um método mais prático e rápido, poupando tempo clínico, como também mais barato. No entanto esta é uma técnica subjetiva e influenciada não só pela aptidão e experiência do médico dentista como também pela sua própria interpretação cerebral.

IV. BIBLIOGRAFIA

- Ahn, J. S., & Lee, Y. K. (2008). Color distribution of a shade guide in the value, chroma, and hue scale. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 100(1), 18–28. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60129-8](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60129-8)
- Alsheikh, R. (2019). *Color stability of Lucirin-photo-activated resin composite after immersion in different staining solutions : a spectrophotometric study*. 297–311.
- Alves, J., Aued, N., Soares, F., Jacques, L., Kaizer, M., & Mallmann, A. (2014). *Composite color evaluation using a spectrophotometer in different modes of operation and storage conditions*. 101–106.
- Anand, D., P, S. K. G., Anand, D. Y., Sundar, M. K., & Sharma, R. (2016). “ *Shade selection : spectrophotometer vs digital camera – a comparative in-vitro study .*” 2(September), 73–78.
- Bahr, M., Philippi, A. G., Oderich, E., & Volpato, C. (2015). *Avaliação visual da cor mediante diferentes fontes de luz*. January.
- Bayindir, F., Kuo, S., Johnston, W. M., & Wee, A. G. (2007). *Coverage Error of Three Conceptually Different Shade Guide Systems to Vital Unrestored Dentition*. 98(March 2002), 175–185.
- Çapa, N., Malkondu, Ö., Kazazoglu, E., & Çalikkocaoglu, S. (2014). *Evaluating factors that affect the shade-matching ability of dentists, dental staff members and laypeople*.
- Chen, L., Tan, J. G., Zhou, J. F., Yang, X., Du, Y., & Wang, F. P. (2010). *Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects*.
- Chu, S. J., Trushkowsky, R. D., & Paravina, R. D. (2010). *Dental color matching instruments and systems . Review of clinical and research aspects*. 2–16. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.07.001>
- Corcodel, N., Rammelsberg, P., Jakstat, H., Moldovan, O., Schwarz, S., & Hassel, A. J. (2010). The linear shade guide design of Vita 3D-master performs as well as the original design of the Vita 3D-master. *Journal of Oral Rehabilitation*, 37(11), 860–865. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2010.02120.x>
- Dantas, A. A. R., Florez, F. L. E., & Andrade, A. F. (2011). Correspondência de cor de diferentes marcas e sistemas de resina composta em relação à escala vita classical. *RPG Rev. Pos-Grad*, 18(1), 45–51.
- Della, A., Barrett, A. A., Rosa, V., & Pinzetta, C. (2008). *Visual and instrumental agreement in dental shade selection : Three distinct observer populations and shade matching protocols*. 5, 276–281. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2008.09.006>

- Dias, S., Marques, D., Silveira, J., Corado, D., Alves, R., & Mata, A. (2017). *Determinação da cor de diferentes escalas por dois métodos espectrofotométricos – estudo in vitro*. November. <https://doi.org/10.24873/j.rpemd.2017.10.023>
- Fondriest, J. (2017). *Shade matching in restorative dentistry: The science and strategies Shade Matching in Restorative Dentistry: The Science & Strategies*. November 2003. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.03.015>
- Gómez-Polo, C., Gómez-Polo, M., Celemin-Viñuela, A., & Martínez Vázquez De Parga, J. A. (2014). Differences between the human eye and the spectrophotometer in the shade matching of tooth colour. *Journal of Dentistry*, 42(6), 742–745. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.10.006>
- Gurel, G. (2003). The science and art of porcelain laminate veneers. In *Dentistry today* (Vol. 21, Issue 11). <https://doi.org/10.1055/b-002-51020>
- Hein, S., & Bosch, J. J. (2018). The effect of ultraviolet induced fluorescence on visually perceived tooth color under normal light conditions The effect of ultraviolet induced fluorescence on visually perceived tooth color under normal light. *Dental Materials*, 34(5), 819–823. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.02.007>
- Hilton, T. J., Ferracane, J. L., & Broome, J. C. (2013). *Summit's fundamentals of operative dentistry a contemporary approach*. (5)2(2), 285–299.
- Hirata, R. (2017). *Shortcuts in esthetic dentistry*. (5)2(2), 285–299.
- Horiguchi, S., & Iwamatsu, K. (2018). From Munsell color system to a new color psychology system. *Color Research and Application*, 43(6), 827–839. <https://doi.org/10.1002/col.22286>
- Joiner, A. (2004). *Tooth colour: a review of the literature*. 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2003.10.013>
- Joiner, A., & Luo, W. (2017). *Tooth Colour and Whiteness : A review Tooth colour and whiteness : A review*. September 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.09.006>
- Kalantari, M. H., Ghorraishian, S. A., & Mohaghegh, M. (2017). Evaluation of accuracy of shade selection using two spectrophotometer systems: Vita Easyshade and Degudent. *European Journal of Dentistry*, 11(4), 192–195. <https://doi.org/10.4103/ejd.ejd>
- Kim-pusateri, S., & Brewer, J. D. (2009). Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(3), 193–199. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(09\)60028-7](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(09)60028-7)
- Kim, H. (2018). *Evaluation of the repeatability and matching accuracy between two identical intraoral spectrophotometers : an in vivo and in vitro study*.
- Knezović Zlatarić, D., Illeš, D., Alajbeg, I., & Žagar, M. (2016). In vivo procjena pouzdanosti mjerenja ispitivaca uredajem za odredivanje boje zuba VITA Easyshade® Advance 4.0. *Acta Stomatologica Croatica*, 50(1), 34–39.

- <https://doi.org/10.15644/asc50/1/5>
- Lee, Y. K. (2016). Opalescence of human teeth and dental esthetic restorative materials. *Dental Materials Journal*, 35(6), 845–854. <https://doi.org/10.4012/dmj.2016-091>
- María José Naranjo. (2018). *ESTUDIO PILOTO SOBRE LA INFLUENCIA DE LA LUZ AMBIENTAL EN LA TOMA DEL COLOR GINGIVAL*.
- Mehl, A., Bosch, G., Fischer, C., & Ender, A. (2017). *SCIENCE In vivo tooth-color measurement with a new 3D intraoral scanning system in comparison to conventional digital and visual color determination methods In-vivo-Zahnfarbmessung mit einem intraoralen 3-D-Scansystem im Vergleich mit herkömmlichen digita*. 20(4), 343–361.
- Mendonça, M. J. de, & Eiró, M. de S. (2017). *ESCOLHA DE COR E ILUMINAÇÃO*.
- Moodley, D., Patel, N., Moodley, T., & Ranchod, H. (2015). Comparison of colour differences in visual versus spectrophotometric shade matching. *South African Dental Journal*, 70(9), 402–407.
- Odaira, C., Itoh, S., & Ishibashi, K. (2011). Clinical evaluation of a dental color analysis system: The Crystaleye Spectrophotometer®. *Journal of Prosthodontic Research*, 55(4), 199–205. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2010.12.005>
- Parameswaran, V., Anilkumar, S., Lylajam, S., Rajesh, C., & Narayan, V. (2016). Comparison of accuracies of an intraoral spectrophotometer and conventional visual method for shade matching using two shade guide systems. *Journal of Indian Prosthodontist Society*, 16(4), 352–358. <https://doi.org/10.4103/0972-4052.176537>
- Paravina, R. D., Pereira Sanchez, N. A., Ghinea, R., & Powers, J. M. (2019). Colorimetric (CIEDE2000) comparison between two shade guides used for visual evaluation of tooth whitening efficacy. *Srpski Arhiv Za Celokupno Lekarstvo*, 147(3–4), 142–147. <https://doi.org/10.2298/SARH181129006P>
- Pecho, O. E., Pérez, M. M., Ghinea, R., & Della Bona, A. (2016). Lightness, chroma and hue differences on visual shade matching. *Dental Materials*, 32(11), 1362–1373. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.08.218>
- Pustina-Krasniqi, T., Shala, K., Staka, G., Bicaj, T., Ahmed, E., & Dula, L. (2017). Lightness, chroma, and hue distributions in natural teeth measured by a spectrophotometer. *European Journal of Dentistry*, 11(1), 36–40. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.202635>
- Ramanna, P. K. (2018). Standardizing Shade Matching with Technology-based Shade Matching Systems and Color Formulation. *International Journal of Preventive and Clinical Dental Research*, 5(1), 83–86. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10052-0157>
- Reyes, J., Acosta, P., & Ventura, D. (2019). Repeatability of the human eye compared to an intraoral scanner in dental shade matching. *Heliyon*, 5(7), e02100. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02100>

- Salgado, V. E., Cavalcante, L. M. A., & Schneider, L. F. J. (2013). Fundamentos das propriedades ópticas aplicados na prática odontológica Salgado VE ; Cavalcante LMA ; Schneider LFJ. *Revista APCD de Estética*, 1(4), 368–377.
- Shammas, M., & Alla, R. K. (2012). Color and shade matching in dentistry. *Trends in Biomaterials and Artificial Organs*, 25(4), 172–175.
- Sheng, T., & Khoo, J. (2015). *A comparison between a photographic shade analysis system and conventional visual shade matching method*.
- Tilley, R. (2011). Colour and the optical properties of materials. In *Color Research & Application* (Vol. 26, Issue 1). [https://doi.org/10.1002/1520-6378\(200102\)26:1<103::aid-col10>3.3.co;2-8](https://doi.org/10.1002/1520-6378(200102)26:1<103::aid-col10>3.3.co;2-8)
- Vichi, A., Fraioli, A., Davidson, C. L., & Ferrari, M. (2007). Influence of thickness on color in multi-layering technique. *Dental Materials*, 23(12), 1584–1589. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2007.06.026>
- Vichi, A., Louca, C., Corciolani, G., & Ferrari, M. (2011). *Color related to ceramic and zirconia restorations: a review*. i, 1–20.
- Xiong, F., Chao, Y. L., & Zhu, Z. M. (2008). Translucency of newly extracted maxillary central incisors at nine locations. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 100(1), 11–17. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60128-6](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60128-6)
- Zenthöfer, A., Wiesberg, S., Hildenbrandt, A., Reinelt, G., Rammelsberg, P., & Hassel, A. (2014). Selecting VITA Classical Shades with the VITA 3D-Master Shade Guide. *The International Journal of Prosthodontics*, 27(4), 376–382. <https://doi.org/10.11607/ijp.3770>

